KOZMOS'TAN KUANTUM'A$_2$

(10^{-43}'cü Saniye'den Bugün'e)

YALÇIN İNAN

Kozmos'tan Kuantum'a$_2$

Yalçın İnan

İkinci Baskı

ISBN **975 – 94837 – 1 - 8**

Bu kitabın her türlü yayın hakkı yazarına aittir.

Yazarın halen yayınlanmış diğer eserleri:

Kozmos'tan Kuantum'a $_1$
Kozmos'tan Kuantum'a $_3$

Her şey, doğayı ve onu işleten
yasaları anlama merak'ından başladı ...

İÇİNDEKİLER

Yazarın Notu
Giriş
İçe Bakış
Newton, Bilimin Evrimi
Rutherford'un Atomu
Einstein, Kütle = Enerji
Işığın Tabiatı
Kuantum Olayı
Kuark Avı
Doğayı Ayakta Tutan Kuvvetler
Her Şey İpliğe Bağlı

Dışa Bakış
Big Bang, Dünü Olmayan Gün
Einstein, Modern Kozmoloji
Kozmos, Evren Gerçeği
Galaksiler, Evrendeki Adalar
Kuasar, Evrenin Kralı
Yıldızlar da Ölür
Karadelik, En Korkuncu
Karadeliğin Arkası
Güneş ve Ailesi
Dünya, Bizim Ev
Uzaklarda Kimse Var mı?
Evrensel Haberleşme
Kaçmak Mümkün mü ?
Her Şeyin Sonu

Yaşama Bakış
Galen, Tıp Bilimi
Schwann, Hücre Teorisi
DNA / RNA
Organizmalar
Nasıl Başladı ?
Evrim ve Evrim Teorisi
Yeryüzünde Yaşam
Beyin ve Yapay Zeka

Sonuç
Her Şey: Niçin ?

Kaynaklar
İndeks

Yazarın Notu

Ekim, 1994'de yayınlanan Kozmos'tan Kuantum'a$_1$ isimli ilk kitabıma ilave olarak yazılan ve konuları daha derinliğine inceleyen,
Kozmos'tan Kuantum'a$_2$ 'yi

okuyucularıma sunabilmiş olmanın gururunu duymaktayım.

Bu kitap, içinde yaşadığımız doğayı ve onu işleten yasaları fizik, kimya, kozmoloji ve moleküler biyoloji bilimlerinin ışığı altında anlatmaktadır. Kitapta teoriler, kuramlar, yasalar, prensipler, vs esas alınmıştır. Son yıllarda ortaya atılmış ve üzerinde hala çalışmaların devam etmekte olduğu birkaç teorinin haricinde, bu kitapta anlatılan bütün konuların ispatları matematiksel ve deneysel yollardan yapılmış bulunmaktadır.

İspatı bulunmayan konuların yanında, yazarın kendi yorumunun kitaba dahil edilmemesine özellikle dikkat edilmiştir. Konular üzerindeki yorumlar okuyucularıma aittir.

Evren, atom ve bir hücre içindeki olaylar, son derece karmaşık sistemler arasındaki sonsuz dengeler ve akıl almaz hassasiyetler, büyüklükler ve küçüklükler, bütün bu oluşumlar içinde bir 'hiç' olduğumuzu göstermektedir. Bir hiç olan biz insanoğlunun en önemli görevinin, doğayı ve onu işleten yasaları bilimsel yollardan inceleyerek, nereden gelip nereye gitmekte olduğumuzu anlamaya çalışmak olduğu inancındayım.

Yalçın İnan, Mak Yük Müh
Şubat,1998

Giriş

Hikâyemiz bir patlama ile başlar ....

Henüz daha bir ‘gün’ yokken korkunç bir patlama oldu. Bu, iğne ucu büyüklüğünde ve içine bir evren maddesinin sıkıştığı bir noktanın patlamasıydı ve şiddeti insan düşünce kapasitesinin çok dışındaydı. Bundan 15 milyar yıl önce meydana gelen patlama ile birlikte, uzay ortaya çıktı, madde şekillendi ve zaman akmaya başladı.

Patlamadan 15 milyar yıl sonra, şu andaki durum ....

İçinde yüz milyar galaksinin, yirmi milyar kere trilyon yıldızın, sayısız gezegenlerin, kuasarların, karadeliklerin yer aldığı uçsuz bucaksız bir evren, içinde binlerce parçacığın durmadan hareket ettiği ve maddenin temelini oluşturan, bir santimetre’nin yüz milyon’da biri büyüklükteki atom ve canlı yaşamın en temel birimi olan, içine sonsuz sayıda bilginin depolandığı DNA molekülü ile birlikte binlerce organelin durmadan işlediği hücre....

Bundan 2600 yıl önce Dünya ismindeki gezegen üzerinde yaşamakta olan insanoğlu bütün bunları merak etti ....

Niçin bir evren mevcuttu, o insanoğlu için mi yaratılmıştı ?

Evrenden önce ne vardı, ondan sonra ne olacak ?

Karadeliğin arkasında neler var, karadeliğe düşenler nereye gidiyor ?

Akdelikler ve içinde sonsuz sayıda evrenlerin yer aldığı hiperuzay gerçek mi ?

Her şey, evrenin kendisi bile, neden doğar, büyür ve sonunda niçin ölür ?

Bir atomun içindeki binlerce parçacığa neden gerek duyuldu, parçacıkların ne zaman ne yapacakları niçin belirsizdir ?

Zaman nedir, patlama ile başlayan zaman evrenle birlikte sona erecek mi ?

O inanılmaz özellikler neden sadece ışığa tanındı ?

İnsanoğlu neden evrenin 15 milyar'ıncı yılında Dünya gezegeni üzerinde yaratıldı, o evrendeki tek canlı mı ?

İnsanoğlunun doğayı merak etmesi, onu işleten yasaları çözmesi neden istendi ?

Bilimin son sınırına mı gelindi ?

Yeryüzündeki ilk ilkel hücre nereden geldi, o bir kopyasını üretmesi gerektiğini nasıl anladı, ona bu talimatı kim, neden verdi ?

Yüzlerce aminoasitten sadece 20'sinin canlı yaşamı teşkil etmek için dizildiği o özel sıra bir tesadüf müydü ?

Bir DNA molekülünün içine sonsuz sayıda bilgi nasıl depolanabilir ?

Genleri ne kontrol eder, bir gün genome projesi gerçekleşip insanın kopyasını yapmak mümkün olacak mı?

Bir hücre ne zaman bölünmesi gerektiğini nasıl bilebilir, hücreler bir gün neden ölür ?

Bilinç nedir, evren bilinç sahibi olduğumuz için mi var, onu düşünmeseydik hala evren olur muydu ?

Ölünce ne oluyor, her şey sona mı eriyor, yoksa karadeliklerin arkasındaki diğer evrenlerde başka bir yaşam şekli halinde mi devam ediyor ?

Evrenden atoma, ondan hücreye kadar olan, sonsuz hassas bir dengeye sahip o inanılmaz sistemler tesadüfen kendiliğinden mi yaratıldı ?

Ve, her şey niçin ?

İleriki sayfalarda bütün bunların, sayısız mucizelerin, bilimsel anlatımları yer almaktadır ....

İçe Bakış

NEWTON, Bilimin Evrimi ..... MÖ 5000-1864

RUTHERFORD'un Atomu 1803-1926

EINSTEIN, Kütle = Enerji 1896-1945

Işığın Tabiatı 1666-1905

Kuantum Olayı 1900-1930

Kuark Avı 1932-1994

Doğayı Ayakta Tutan Kuvvetler 1666-1984

Her Şey İpliğe Bağlı 1926-1988

Newton, Bilimin Evrimi

4 milyon yıl önce insan soyu dik durarak yürümeyi öğrendi. Bu, belki de, insanlık tarihindeki en önemli gelişmeydi. Böylece eller iş yapmak için serbest kaldı ve beyin vücudu kullanmayı öğrendi.

Eller serbest kalınca, bundan 2 milyon yıl önce Doğu Afrika'da yaşayan ilk insan benzeri Homo Habilis, avlanmak ve vahşi hayvanlardan korunabilmek için kaya parçalarını yontarak basit ve ilkel aletleri yaptı. 800.000 yıl önce Çin'de mağaralarda yaşayan Homo Erectus, yeryüzüne düşen yıldırımların tutuşturduğu ağaçların çıkardığı ateşin ısı ve ışık yaydığını gördü. O da, iki ağaç parçasını birbirine sürterek ateşi çıkardı ve etleri artık kızartarak yemeğe başladı. Elde ettiği ışık ve sıcaklığın yanında, ateş onu vahşi hayvanlardan da koruyordu.

Bundan 60.000 yıl önce Avrupa'da yaşayan Neanderthal İnsanı içinde yaşadığı mağaraların duvarlarına basit resimler ve kabartmalar yaptı. 12.000 yıl önce akıllı adam, Homo Sapiens

ise artık, bıçak, makas, testere gibi modern aletlerin yanında artistik resimler yapıyordu. 10.000 yıl önce Anadolu Çatalhöyük'de ve Filistin'de ilk tarımsal çalışmalara başlandı, toprak işlenip buğday yetiştirildi, ilk modern yerleşim siteleri ve evler inşa edildi. 8000 yıl önce Doğu Akdeniz bölgelerinde topraktan çömlek ve ev eşyaları, dövme bakırdan süs eşyaları üretildi. 5000 yıl önce Mezopotamya'da Sümerliler pulluk imal ettiler ve öküzle çekilen pullukla toprağı işlediler.

Bu sıralarda Sümer ve Asurlular yazıyı keşfetti ve kilden yapılmış tabletler üzerine çizilmiş şekillerle haberleştiler. 5500 yıl önce ilk tekerlek yine Mezopotamya'da yapıldı. İlk tekerleğin verimli bir şekilde kullanılması için 1500 yılın geçmesi gerekti. 5000 yıl önce, ilk bilimsel ve modern tıp başladı. Mısır ve Sümerliler ilaç yaptı, kalp atışını ve vücut sıcaklığını ölçtüler. MÖ-2686'da Mısırlılar piramitleri inşa etmeye başladı. Yazı ve hesapları için papirüs yapraklarını kullandılar. Ağır taşları hareket ettirmek için rampa ve kaldıraçları, suyu yükseğe çıkartmak için de vida ve kasnak sistemlerini buldular.

Dünya'nın ilk makinaları olan, MÖ-1000'lerde Çinliler tarafından yapılan torna, matkap ve çekiç, batıya 2000 yıl sonra geldi. Yine ilk olarak Mezopotamya'da imal edilen su ve rüzgar değirmenleri binlerce yıl sonra eski Yunanlılar tarafından geliştirildi. Archimedes, bütün devirlerin ilk en harika insanıydı. Vida ve kasnak sistemlerini modernleştirdi, levye sistemini icat etti. Kollarının boyu 1/4 oranında olan bir levye ile ağır cisimleri kaldırmak için 1/4 oranında bir güce gerek olduğunu gösterdi. Archimedes ayrıca, tarihte bir problemi çözen ilk insan oldu.

MÖ-600'lü yıllarda Plato ve Thales eski Yunan medeniyetini başlattılar. Thales, yeryüzündeki her şeyin sudan yapılmış olduğunu söyledi. Daha sonra gelen Anaximenes her

şeyin havadan meydana geldiğini ileri sürdü. Bir sonraki nesilden olan Pythagoras ise sayıların her şeyin temeli olduğunu belirtti. Empedocles ateş, hava, toprak ve suyun meydana getirdiği elementlerin bütün Dünya'yı oluşturduğunu, Anaxogoras da her şeyin parçalarına bölünemeyen tohumlardan meydana geldiğini savundu. Anaxogoras'a göre her şeyin içinde başka bir şeyler yer alıyordu. Empedocles ve Anaxogoras bütün cisimlerin daha küçük parçalarına ayrılabileceğine ve maddenin devamlı olduğuna inanıyorlardı.

MÖ-400 yıllarında yaşayan Democritus, Dünya'daki her şeyin görülemeyecek kadar küçük ve daha ufak parçalarına ayrılamayacak parçacıklardan oluştuğunu belirterek bunlara 'atom' adını verdi. Democritus, kendisinden 2200 yıl sonra ispat edilecek olan atomik teorinin babasıydı.

MÖ-400'de Hippocrates bir canlı vücudunun kan, balgam, sarı ve siyah safra olmak üzere dört madde ile dengelenmiş olduğunu belirtti. Daha sonra yaşayan Aristotle tıp bilimini kurdu ve fikirleri 12'ci asra kadar kullanıldı. MS-129 yılında Bergama'da doğan Galen, Hippocrates ve Aristotle'nin fikirlerini geliştirerek modern anatomiyi başlattı. Buluşları 1500 yıl boyunca öğretildi. Galen'in teorilerini ondan 800 yıl sonra Ibni Sina toparladı ve geliştirdi. Daha sonra Vesalius, Harvey, Pasteur, Koch ve büyük cerrah Lister yaşadı.

Bilim 9'cu yüzyıldan sonra 700 yıl duraklama devrini yaşadı. Avrupa'da kilisenin ağır baskısı ile bilimsel çalışma yapılamadı. 1611'de İtalyan Galilei Galileo fizik bilimini başlattı. Galileo'nun en önemli buluşları dinamik üzerineydi. Serbest düşen cisimlerin hız ve hareket yasalarını buldu. Modern bilimin başlamasıyla, 2000 yıl önce Democritus tarafından ileri sürülen atomik teori yeniden ele alındı. 1624'de Fransız Pierre Gassendi, maddenin atomların hareketlerinden meydana geldiğini söyledi. Gassendi yazdığı kitapta, cisimleri

yere doğru çeken kuvvetin ince ipliklerle oluştuğunu belirterek gravitasyonu ilk tarif eden insan oldu.

1653'de İngiliz Lady Margaret her şeyin, köşeli, uzun, yuvarlak ve sivri olmak üzere dört çeşit atomdan yaratıldığını ileri sürdü. İrlandalı Robert Boyle dört element teorisini ret ederek atom konusuna kimyasal analizi getirdi ve havanın homojen olmadığını ve bir ağırlığının bulunduğunu söyledi. Boyle'nin 1661'de yazdığı kitapla ilk modern bilimsel çalışma da başlamış oldu.

Işığın tabiatı bilimin en eski meraklarından biriydi. 17'ci yüzyıl fizikçileri ışıkla ilgili iki önemli teori ileri sürdüler. Birisi, ışığın parçacıklarından meydana geldiği, diğeri ise onun bir dalga hareketi olduğuydu. 1666'da İngiliz Isaac Newton ışıkla ilgili tarihin ilk bilimsel deneyini yaptı. Işığı bir prizmadan geçirerek renk spektrumunu elde etti. Her parlak cismin ışığı yansıttığını ve onun ufak parçacıklardan oluştuğunu, bu parçacıkların çok büyük bir hızla yol aldığını ve uzayın ışık parçacıklarıyla dolu bulunduğunu ileri sürdü.

Archimedes ve Galileo'dan sonra gelen üçüncü harika bilim adamı olan ve bilimde bir devir başlatan Newton 'gravitasyon' kuvvetini keşfetti, hareket yasalarını buldu, diferansiyel ve integral hesap metotlarını yarattı. 1687'de yayınladığı 'The Principia' adlı mükemmel eseri ile 1905 yılına kadar sürecek olan klasik fiziği başlattı. Bilime matematiği sokan Newton'dan sonraki gelişmeler çok hızlı oldu.

1675'de Danimarkalı Christensen Roemer ışığın hızını ölçme teşebbüsünde bulunan ilk insan oldu. 1678 yılında Hollandalı Christian Huygens ışığın dalgalardan oluştuğunu ve ses dalgaları gibi yayıldığını ileri sürdü. Huygens, eğer ışık parçacıklardan oluşmuş olsaydı farklı yüzeylerden yansıyarak göze gelen ışık okları çarpışıp birbirine karışırdı, dedi. Huygens ile ışığın dalga teorisi de kurulmuş oldu. Işığın parçacık ve

dalga karakteri tartışmaları 100 yıl kadar devam etti. İngiliz Thomas Young'un 1803'de yaptığı meşhur çift-yarık deneyi ile ışığın parçacık fikrinden vazgeçildi ve 1905 yılında Einstein'ın teorisine kadar onun dalgalar halinde yol aldığı fikri egemen oldu.

1600'lerin başlarındaki çalışmalardan sonra, atom konusu 1700'lerin sonlarında tekrar ele alındı. 1780'de Fransız Laurent Lavoisier termokimyayı başlattı ve hassas ölçümleri kullanarak bilimsel atomik teorinin yolunu açtı. Lavoisier, birden çok elementin bir araya gelerek karışımları nasıl oluşturduğunu göstererek bir kimyasal reaksiyonun öncesi ve sonrasına ait yasaları formüle etti. Daha sonra, Fransız J. Gay-Lussac suyun hidrojen ve oksijenin belirli oranlardaki karışımlarından meydana geldiğini keşfetti. 1803'de İngiliz John Dalton, her elementin farklı atomların birleşmesinden, bazı elementlerin de benzer atomlardan oluştuğunu öne sürerek atomik teoriyi başlattı. İtalyan A. Avogadro atomlar kümesine 'molekül' adını verdi ve farklı elementlerin içlerindeki atomların ağırlıklarını hesap etti. Dalton 1806'da, bildiği 20 kadar elemente ait atomik ağırlık tablosunu tanzim etti.

1869'da Rus Dimitri Mendeleyev 'periyodik tablo' adı verilen yeni bir sınıflandırma yaptı ve benzer özelliklerdeki elementlerin muntazam periyotlarını düşünerek atomik ağırlıklarına göre onları listeledi. O zamanlar bilinmeyen ve ileride keşfedilecek elementler için listesinde boşluklar bıraktı. Böylece Dalton'un atomik teorisi ve Mendeleyev'in periyodik tablosu yerlerini bulmuş oldu. Fakat, elementlere bu muntazam periyodikliği veren neydi?

Bunun cevabı da 60 yıl sonra, bu muntazamlığın atomların içindeki elektronlardan ileri geldiğini bulan Niels Bohr'dan geldi.

Bazı metal cisimlerin birbirini çektiği MÖ-600'lerde Thales tarafından bulunmuştu ve bu olaya 'manyetizma' adı verilmişti. Mıknatıslık özelliğine sahip metallerin demir tozlarını çektiği zaten uzun zamandır biliniyordu. 1752'de Amerikalı Benjamin Franklin insanoğlunun asırlardır gözlediği yıldırımların bir elektriksel olay sonucu meydana geldiğini ileri sürdü. Fakat bu iki etkinin birbiri ile bağlantılı olduğunu, uzun süre, kimse düşünemedi.

1800 yılında İtalyan Giuseppe Volta bir pil imal ederek Dünya'nın ilk elektrik akımını üretmiş oldu. 1820'de Danimarkalı Hans Oersted elektrik akımının bir manyetik alan yaratığını buldu. Oersted'in deneyinde elektrik akımı pusulanın ibresini saptırmıştı. Daha sonra Fransız A.M. Ampere manyetizmanın kaynağının cisimlerde hareket halinde bulunan elektrik yüklerinden ileri geldiğini öne sürerek matematiksel denklemlerini çıkardı.

1831 yılında İngiliz Michael Faraday elektriksel kutupları, sıvılarda elektrik iletkenliğini, anod, katod, iyon, elektrik akımının ısıtma ve manyetiklik etkilerini araştırdı. Manyetizmadan bir elektrik akımı elde edilebileceğini ispat etti, dinamonun prensibini buldu ve alan fikrini ortaya attı. Bu zamana kadar bilinen tek kuvvet, 1687'de Newton tarafından bulunan gravitasyon idi. Faraday, elektrik ve manyetik alan ve kuvvetlerinin de varlığını ileri sürdü ve bunları deneylerle gösterdi.

1864'de İskoçyalı James Clerk Maxwell, Faraday'ın deneylerinin matematiksel denklemlerini çıkardı. Maxwell, elektrik ve manyetik kuvvetlerin 'elektromanyetizma' denilen ortak bir kuvvetin sonucu olduğunu, elektromanyetik kuvvetin uzayda dalgalar halinde ve ışık hızında yol aldığını belirtti. Işığın da bir elektromanyetik dalga gibi düşünülmesi gerektiğini ileri sürdü. Maxwell ayrıca, elektromanyetik dalgaların

yayılabilmesi için uzayın, gözle görülemeyen ve ‘eter’ denilen elastik parçacıklardan oluşan bir madde ile kaplı olması gerektiğini söyledi.

Eter fikrinden 1905’de Einstein’ın Relativite Teorisi sonucu vaz geçilmesine karşılık, ışığın bir elektromanyetik dalga olduğu Maxwell ile anlaşıldı. 1888’de Alman Heinrich Hertz elektromanyetik olan radyo dalgalarını deneysel olarak keşfetti ve onların ışık hızı ile yol aldıklarını ispat etti. Böylece, elektrik ve manyetizma çözülmüş oldu.

Eski Sümer, Mısır ve Yunan medeniyetleri tarafından başlatılan fizik ve kimya bilimleri, 1600-1900 arasında yaşayan Galileo, Newton, Lavoisier, Dalton, Maxwell gibi bilim adamlarınca geliştirildi. Bu süre içinde ‘klasik fizik’ olarak adlandırılan, mekanik, kuvvet ve hareket yasaları, gravitasyon, kütle, enerji, gaz yasaları, ısı, termodinamik, entropi, elektromanyetizma, elementler, kimyasal reaksiyonlar gibi temel konular açıklığa kavuşmuş oldu. Fakat, atomun iç yapısı, atom içindeki reaksiyonlar, gravitasyonun dışındaki kuvvetler, relativite, kuantum gibi konular için 20’ci yüzyılı beklemek gerekiyordu.

1900’lerin ilk yıllarında atomun iç yapısının keşfi ile her şey korkunç bir hızla gelişti. Nükleer fizik, parçacık fiziği, Kuantum Teorisi, Relativite Teorileri, çok boyutlu uzay geometrileri, Süpersicim Teorisi gibi yepyeni teoriler ve yasalar ortaya çıktı. Bilimin çehresi değişti, yüksek teknoloji yaratıldı, bu durum diğer bilim dallarının da gelişmesine neden oldu. Ve, insanoğlunun yaşamı değişti.

İlerideki bölümlerde, insan yaşamını değiştiren bu konular ve teoriler, matematiksel formüllere ve grafiklere girmeden, ana prensipleriyle birlikte anlatılacaktır.

Rutherford'un Atomu

İlk olarak MÖ-500'lü yıllarda eski Yunanlı Leucippus tarafından ortaya atılan, daha sonra Democritus ve Aristotle tarafından geliştirilen, maddenin en küçük yapısı olan atom fikri, 1803 yılında İngiliz John Dalton tarafından ciddi ve bilimsel olarak ele alındı. Atomik teorinin babası olan Democritus'dan 2200 yıl sonra Dalton atomu tarif etti ve onların gözle görülemeyen ve değişmez parçacıklar olduğunu söyledi. Her ne kadar hiç kimse henüz gözle bir atom göremediyse de atomların varlığı 1900'lerin başlarında herkes tarafından kabul edilmiş oldu.

Elektriğin çok küçük parçacıklardan oluştuğu 1833 yılında Faraday'ın geliştirdiği elektroliz yasasından beri biliniyordu. Bu parçacıklar Faraday'ın iyon diye adlandırdığı elektrik yüklü atomlardı. 1881 yılında İrlandalı George Stoney bu basit iyonlara 'elektron' adını verdi. 1892'de Danimarkalı H.A. Lorentz, daha önce Maxwell tarafından bulunan elektromanyetik denklemlerden, atomların içlerindeki

elektriksel faaliyetleri formüle etti ve maddenin, çok küçük ve elektrik yüklere sahip elektronlardan meydana geldiğini ileri sürdü. Lorentz, elektronları bir elektrik yükü ile kaplanmış sert kürecikler olarak düşündü. Işığın da bu titreşen elektrik yüklerinden ileri geldiğini belirtti.

1897 yılında İngiliz J.J. Thomson alçak basınç altında farklı gazlarla doldurulmuş ve içinden elektrik akımı geçen katod tüpünde bir deney yaptı. Tüpteki gazlardan geçen katot ışınlarının flüoresan ekran üzerindeki belirgin noktaların bir manyetik alan içinde saptıklarını izledi, bunların pozitif kutupta çekildiklerini ve negatif kutupta itildiklerini anladı. Tüpün yanına bir mıknatıs koyunca sapma yapan ışın parçacıklarının negatif yüklü olduklarını gören Thomson bu parçacıkların sapma miktarından onların kütlelerini hesapladı ve bir hidrojen atomunun kütlesinden 2000 defa daha küçük olduklarını buldu. Böylece bir atomun kendisinden daha küçük olan ilk parçacığı keşfedilmiş oldu.

Buluşunu 30.4.l897 tarihinde yayınlayan Thomson atomu, içinde negatif yüklü elektronların yer aldığı, dışında da pozitif yükün üniform bir şekilde dağıldığı bir küre olarak düşündü. 1903'de Fransız P. Lenard atomun, içi boş bir kürenin merkezinde negatif ve pozitif yüklü parçacık çiftlerinin birleşmesiyle oluşmuş müstakil birer yapıdan meydana geldiğini ileri sürdü. 1904'de Japon Hatari Nagaoka, orta kısımda büyük bir pozitif yüklü parçacık ve onun etrafında dönen negatif yüklü elektronlar olarak tarif etti. 1905'de İngiliz William Thomson (Lort Kelvin) atomun yapısını, iç içe geçmiş konsantrik küresellerin birbirlerine yaylarla bağlanmış olduğu şeklinde ifade etti. Bu arada Alman fizikçilerden Ernst Mach, H. Hertz ve W. Ostwald atom teorilerine şiddetle karşı çıkarak, atomların gerçekte var olmadıklarını savundular.

Bu sıralarda fizikçiler radyoaktivite ve bazı metallerin çıkardıkları ışın türleri üzerinde çalışıyorlardı. 1886'da, havası alınmış bir cam tüp içindeki iki yalıtılmış metal plaka arasından geçen elektriğin çıkardığı katot ışını bulunmuştu. 1892'de Fransız P. Lenard bu ışınların tüp içine konan hava dolu bir ortamdan da geçtiğini gösterdi. 1895'de ise Alman Wilhelm Röntgen aynı deneyi karanlık bir oda içinde yaptı ve katot ışınlarından başka çok özel bir ışınımın daha kalın ve yoğun ortamlardan, hatta bir insan vücudundan geçerek, içinden geçtiği cisimlerin izlerini bir ekran üzerinde bıraktığını gördü. Röntgen bunlara 'x-ışınları' adını verdi.

Bu olayın tarifi 1912'de Alman Max von Laue'den geldi. Von Laue x-ışınlarının bir elektromanyetik ışın olduğunu fakat çok daha kısa dalga uzunluğuna sahip bulunduğunu, daha yoğun bir ortamdan geçerken kolayca soğurulduklarını ve bu yüzden içinden geçtikleri daha ağır atomlara sahip cisimlerin gölgelerini bir ekrana yansıttıklarını keşfetti.

1898'de, J.J. Thomson'un öğrencısı Yeni Zelandalı Ernest Rutherford radyoaktivite üzerinde çalışıyordu. Rutherford, uranyum madeninin iki tür radyasyon çıkardığını gösterdi ve bunlara 'alpha' ve 'beta ışınları' adını verdi. Bu ışınlar birbirlerinden farklı yüksek hızlı parçacıkların akışıydı. Rutherford, 1903'de beta ışınlarının bir elektron akışı sonucu olduğunu, 1909'da da alpha parçacıklarının helyum atomundan çıktığını anladı. 1900 yılında Fransız P. Villard bir üçüncü tür ışınım buldu ve bunlara 'gamma ışınları' dedi. Yeni ışın bir elektromanyetik radyasyondu ve diğerlerinden daha kısa dalga boylu ve daha enerjikti. Bu süre içinde radyoaktivite, x-ışınları, alpha, beta ve gamma ışınları keşfedilmişti, fakat henüz bir atomun iç yapısı tam olarak bilinmiyordu.

1911 yılında Rutherford radyoaktif bir kaynaktan çıkan alpha parçacıklarını çok ince altın levhaya ateşledi.

Parçacıklardan çoğu levhayı geçip diğer tarafına geçti. Her 20.000 parçacıktan biri ise levhaya çarpıp geri döndü. Geri dönen parçacıklar Rutherford'u çok şaşırttı. Bu olaydan Rutherford, bir atomun içindeki hacmin büyük bir kısmının sadece bir boşluk olması ve tam merkezinde de kütlesinin çoğunluğunu ihtiva eden bir çekirdeğin bulunması gerektiğini düşündü. Merkezindeki çekirdek, alpha parçacıkları gibi pozitif yüklü olmalıydı. Zira, o sıralarda aynı tür yüklerin birbirini ittiği, ters yüklerin ise çektiği biliniyordu. Ki, böylece pozitif yüklü alpha parçacıklarından birkaçı merkezdeki aynı yüklü çekirdeğe rastlayınca birbirini itip geri gelebilsin. Levhayı delip geçen alpha parçacıkları ise altın atomunun çekirdeği ile elektronu arasındaki muazzam boşluktan hiç bir engelle karşılaşmaksızın gidenlerdi.

Rutherford çekirdeğin, etrafındaki bir elektrondan 1800 kat, elektron yörüngesinin meydana getirdiği atom boyutunun ise bir çekirdekten 10.000 kat daha büyük olması gerektiğini hesapladı. 1911 yılında Rutherford modelini yayınladı. Modeline göre, merkezde pozitif yüklü bir çekirdek bulunuyordu ve atom hacminin çok küçük bir kısmını işgal ediyordu. Çekirdeğin etrafındaki geniş boşlukta ise negatif yüklü bir veya birden fazla elektronlar yer alıyordu.

Rutherford atomun yapısını bir yıldız etrafında dönen gezegen sistemi gibi düşünmüştü. Merkezdeki parçacığa 'proton' adını verdi. Atomun kendisi yüksüz olmak zorunda bulunduğundan, protonlarla etraftaki elektronlar ters elektrik yükünde ve eşit sayılarda olmalıydı. Ancak böylece denge sağlanabilirdi. Rutherford'un atom modeli bilim tarihinin 'en büyük' buluşlarından biri olmuştur.

Hidrojen atomunun bir proton ile bir elektrona sahip olduğunu anlayan Rutherford, iki tane protonu bulunan helyum atomunun kütlesini iki kat olarak hesapladı. Önce, helyumun

çekirdeğinde dört adet protonun yer aldığını ve bunlardan ikisinin iki elektronla nötrleştirildiğini düşündü. Sonra bundan vaz geçerek helyum çekirdeğinde proton ile aynı kütleye sahip başka bir parçacık bulunması gerektiğini anladı. Ayrıca, bu ikinci parçacık yüksüz olmalıydı. Çekirdekte protonun yanında bulunan bu yeni parçacık 1932 yılında Rutherford'un eski asistanı İngiliz James Chadwick tarafından keşfedildi ve adına 'nötron' dendi.

Rutherford'un atom modeli bir takım soruları da beraberinde getirdi. Bu modele göre pozitif çekirdek etrafında durmadan dönen negatif yüklü elektronlar dairesel yörüngelerinde kalabilmek için devamlı ivmelenecek ve elektromanyetizma yasaları gereği dönen yüklü elektron durmadan radyasyon çıkararak enerji kaybedecek ve sonunda çekirdeğe düşecekti. Klasik fiziğe göre her elektronun derhal çekirdekle çarpışması gerekirdi. Halbuki, Rutherford'un atomunda bir çökme, çarpışma olayı olmuyordu. Bu problemin çözümü Danimarkalı Niels Bohr'dan geldi.

Bohr, 1913 yılında atomların klasik fiziğin dışında farklı yasalar içinde incelenmesi gerektiğini söyledi ve yeni bir atom modeli öne sürerek Rutherford'un teorisini geliştirdi. Bohr, elektronların çekirdek etrafında sadece çekirdekten belirli uzaklıklarda bulunan, belli ve izin verilmiş yörüngelerde döndüklerini ve bu yörüngelerde dönerken bir radyasyon çıkarmadıklarını ileri sürdü. Böylece elektronlar hiç bir enerji kaybetmiyorlardı. Elektronlar birbirlerinden farklı yörüngelerde dönüyorlar ve hiç bir zaman durmuyorlardı. Her elektron kendi yörüngesinde belli bir enerjiye sahipti ve sahip olduğu potansiyel enerji elektronun çekirdeğe olan uzaklığına, kinetik enerji ise onun hareketine bağlıydı. Atomun yaydığı radyasyon ise bambaşka fiziksel bir olayın sonucunda meydana geliyordu.

Bohr ayrıca, düşük enerji seviyesine sahip elektronların çekirdeğe yakın olan yörüngelerde, yüksek enerji seviyesine sahip olanların da çekirdekten uzaktaki yörüngelerde döndüklerini, elektronun uzaktaki bir yörüngeden yakın bir yörüngeye atlarken bir enerji kaybettiğini, bu sırada atomdan ışık çıktığını belirtti. Bohr'dan sonra Alman Arnold Sommerfeld 1916'da onun modelini geliştirerek elektron yörüngelerinin eliptik olduğunu, dönüşleri sırasında rozet biçiminde hem açısal hem radyal hareket yaptıklarını öne sürdü.

Bohr'un modeli tek elektrona sahip hidrojen atomu için uygundu ama birden fazla elektronu olan atomlarda tam olarak anlaşılamıyordu. Bohr'un kendisi bile tatmin olmamıştı ve elektronların bir yörüngeden diğerine nasıl zıplayabildiklerini izah edemiyordu. Bu arada, 1900 yılında Alman Max Planck'ın siyah cisim radyasyonu ile başlayan 'kuantum teorisi' 1920'lerde epey yol almıştı.

1924'de Fransız Louis De Broglie, Einstein'ın ışığın hem parçacık hem dalgalar halinde yayıldığını ispat etmesinden yola çıkarak, diğer parçacıkların ve hatta elektronların da dalgalar halinde davranmaları gerektiğini ileri sürdü. Avusturyalı Erwin Schrödinger de 1926 yılında dalga mekaniğinin matematiksel denklemlerini çıkardı. Schrödinger'in dalga mekaniğine göre elektronlar çekirdeğin etrafında dalgalar halinde hareket ediyorlardı. Dalgalı davranışları da, birer parçacık olan elektronların, yörüngeler arasında sıçramalarına sebep oluyordu.

1925 yılında Hollandalı G. Uhlenbeck ve S. Goudsmit, elektronların kendi eksenleri etrafında döndüklerini belirttiler ve buna 'spin' adını verdiler. 1926 yılında da Avusturyalı Wolfgang Pauli 'dışlama ilkesini' buldu. Bu ilkeye göre bir

yörünge üzerinde iki elektrondan daha fazlası yer alamıyor ve yörünge iki elektronla dolunca fazlalıklar daha üst yörüngelere sıçrıyordu. Aynı zamanda, aynı yörüngeyi işgal eden iki elektron ters yönlerde dönmek zorundaydı.

Rutherford ile başlayan, Bohr ile gelişen 'modern atom modeli' böylece, kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasıyla, De Broglie, Schrödinger ve Pauli'nin teorileri ile tamamlanmış oldu.

Evrendeki her şey, her cisim atomlardan meydana gelmiştir. Atomun kendisi ise bundan 15 milyar yıl önce meydana gelen 'Büyük Patlama' ile yaratılan daha küçük parçacıkların bir araya gelmesinden şekillenmiştir. Atomlar Büyük Patlama ile birlikte yaratıldıklarından onlar bugün 15 milyar yaşında bulunmaktadır.

Bugünün en gelişmiş elektron mikroskoplarında bir atom ancak dıştan görülebilir. Bir atomun içini henüz bir insan görememiştir, hiç bir zaman da göremeyecektir. Atomun iç yapısı ve içindeki olaylar ancak atomun çıkardığı ışınların özellikleri ve atom parçalandığı zaman parçalarının bıraktığı izler kanalı ile anlaşılabilir. Bütün zorluklarına rağmen, son 60 yıl içinde gelişen nükleer, kuantum ve parçacık fiziği sayesinde, bir atomun içinde yer alan binlerce daha küçük nesne çözülmüş ve kayda geçmiş bulunmaktadır. Atomun içindeki parçacıkların kendi aralarındaki etkileşimleri ve atomların birbiri ile olan ilişkilerinin öğrenilmesinden sonra insanoğlu doğa olaylarını anlayabilmiştir. Atomu bilmeden, evreni ve canlı yaşamı anlamak mümkün değildir.

Atom, merkezinde bir çekirdek ve onun etrafında dönen elektronlardan oluşur. Çekirdek, proton ve nötron adı verilen iki tane parçacığın birleşmesinden meydana gelir. Proton ve nötronların ağırlıkları birbirine çok yakındır. Protonlar pozitif

elektrik yüküne sahip olup, nötronların ise bir elektrik yükleri yoktur, yani nötronlar elektriksel bakımından nötrdürler. Çekirdeğin etrafındaki yörüngelerde dolanan elektronlar ise negatif elektrik yüküne sahiptir.

Böylece, atomun çekirdeği pozitif yüklü, etraftaki elektronları da negatif yüklü olarak birbirlerini dengeler. Bu dengeyi sağlamak için ayrıca, çekirdekteki protonların sayısı ile civarındaki elektronların sayısı eşit kılınmıştır. Eşit sayıda, fakat ters yüklerdeki proton ve elektronlarla inşa edilen atomlar kararlı bir durum arz eder. Nötronlar bir elektrik yükleri bulunmadığından, proton ve elektronlar arasındaki bu dengeyi bozamazlar.

Dışarıdan bakıldığında bir atomun çapı 10^{-8} cm'dir. Veya bir santimetrenin 100 milyonda biri kadar. Çekirdeğin çapı ise 10^{-13} cm, yani bir santimetrenin 10 trilyonda biridir. Bu durumda, elektronların çizdiği yörüngenin çapı, çekirdeğin çapından 100.000 defa daha büyüktür. Yani, çekirdek bir atomun hacminin sadece 100.000'de birini kaplamaktadır. Atom bir basket topu büyüklüğüne getirilse, çekirdek hala çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olur.

Bir elektronun çapı ise 10^{-16} cm, veya bir santimetrenin 1 trilyonda birinin 10.000'de biridir. Elektron, çekirdeğin 1000'de biri, atomun dış çapının da 100 milyonda biri kadar küçüktür. Bu gerçek boyutların ışığında, atom çekirdeği 30 cm çapında bir top büyüklüğünde düşünüldüğü takdirde, elektron bir toplu iğne başı büyüklüğüne bile ulaşamaz ve çekirdekle elektronun arasındaki uzaklık 15 kilometre olur. Elektronla çekirdek arasındaki bu muazzam boşlukta hiç bir şey yoktur.

Bir protonun kütlesi 1.67265×10^{-27} kg, nötronunki ise 1.67495×10^{-27} kg veya bir kilonun, bin kere trilyon kere trilyonda biridir. Elektronun kütlesi ise 9.10953×10^{-31} kg veya bir kilonun, on milyon kere trilyon kere trilyonda biri olup,

proton elektronun 1836.1, nötron ise 1838.6 katı fazla kütleye sahiptir. Atomun ağırlığının %99.9'u çekirdekte ve sadece %0.1'i elektronda toplanmıştır.

Elektronların boyutu ve kütlesi atom ve çekirdeğin yanında bir hiçtir. Bu durumda, bir atomun en kısa ve basit tarifi 'kütlesinin tamamı merkezindeki çekirdekte toplanmış büyük bir boşluktan ibarettir' şeklinde yapılabilir. Eğer atom boş bir küre olsaydı içine 10^{15} veya milyon defa milyar tane çekirdek sığdırılabilirdi. Atomun kendisi o kadar küçüktür ki, 1 milimetre çapındaki bir toplu iğne başında 10^{21}, bir milyar defa trilyon tane atom bulunur.

Çekirdekle elektronların arasında, o büyük boşluk bulunmasaydı maddenin şekli çok değişik olurdu ve bir cisim kesilmek istendiği zaman bıçak atomların çekirdeğine değer ve cisimleri kesmek imkansız olurdu. Atom büyüklüğünde bir cisim elde etmek için, daima ikiye kesilen parçalardan birini almak üzere, cismi doksan defa iki parçaya ayırmak gerekir. Pratikte bu mümkün olamaz.

Evrende 92 tür atom bulunur. Atomların türleri, çekirdekte yer alan proton ve nötronların sayısı ile birbirinden ayrılır. En basit atom olan hidrojen atomunda sadece bir tane proton, en karmaşık ve ağır olanı uranyum atomunda 92 tane proton vardır. Aradaki atomların çekirdeklerindeki proton sayıları birer tane proton ilavesiyle fazlalaşır. Nötronların sayıları ise değişiktir. Çekirdeklerinde proton sayısı kadar nötronu olan atom da, ondan çok fazla olanı da vardır. Protonlar ve nötronlar 'güçlü nükleer kuvvet' denilen ve doğanın en büyük kuvveti ile yan yana bir arada tutulurlar ve böylece çekirdek dağılmaktan kurtulur.

Çekirdek bir atomun kütlesinin çok büyük bir kısmını işgal ettiğinden, evrendeki maddenin %99.5'i proton ve nötronlardan oluşmuştur. Gerisi, elektronlar ve diğer tür parçacıklardır.

Atom çekirdekleri, protonların pozitif yükünden dolayı birbirlerini iter. Aynı tür yüklerin birbirini itmesinden oluşan bu kuvvetten dolayı çekirdekleri birbirine yaklaştırmak zordur. Çekirdek sadece nötronlardan oluşsaydı, atomlar arası itme gücü olmayacaktı ve madde çok farklı görünecekti. Çekirdekle elektronun arasındaki o muazzam boşluktan dolayı, atomların birleşmesinden oluşan her maddenin farklı birim ağırlığı vardır.

Eğer atomlar dışardan bir güçle sıkıştırılıp birbirlerine yaklaştırılabilseydi, o zaman, çekirdekler birbirine değecek, her atomun içindeki boşluk yok olacak ve madde korkunç miktarda ağırlaşacaktı. Eğer Dünya bir uzay devi tarafından bu şekilde sıkıştırılabilseydi, sonunda çekirdekler yumağından oluşmuş 3 cm çapında bir top olurdu ve bu topun ağırlığı şimdiki Dünya ağırlığına eşit bulunurdu. Yıldızların son evrimi olan nötron yıldızları ve karadelikler bu tür atomlar arası sıkışma ile meydana gelen gök cisimleridir.

Bütün protonlar, nötronlar ve elektronlar mutlak olarak birbirinin aynısı olup, aynı boyut ve ağırlıklara sahiptir. Aynı proton ve nötron sayısına sahip iki atom da mutlak olarak birbirinin eşitidir. Çekirdeğindeki proton ve nötron sayıları arttıkça atomların ağırlıkları da fazlalaşır. Proton ve nötron sayıları ne olursa olsun atomların dış çapları değişmez.

Doğada bulunan 92 tür atomdan her birinin çekirdeği değişik olup her birinde farklı sayıda proton ve nötron yer almaktadır. Protonların adedi o atomun ‘atom sayısını’ belirtir. Bir numaralı atom, atomların en basiti ve en hafifi olan hidrojendir. Hidrojenin atomunda çekirdekte sadece bir tane proton ve etrafında dönen bir elektron vardır. Hidrojen, aynı zamanda, çekirdeğinde nötron bulunmayan tek atomdur.

İki numaralı atom helyum olup, çekirdeğinde iki proton, iki nötron ve çevrede dönen iki elektron bulunur. Daha sonra gelen lityum atomunda, üç proton, üç nötron ve üç elektron yer

almaktadır. Atomların en karmaşığı ve en ağırı olan uranyum atomunda ise 92 tane proton, proton sayısından daha fazla adette nötron ve 92 tane elektron bulunmaktadır. 92 adet atom türünde proton sayılarının birer birer çoğalmasına karşılık nötronların sayıları protonlar gibi artmaz. Bazı atomlarda proton sayısı kadar nötron bulunmasına karşılık bazılarında nötronların sayısı protonlardan daha fazladır. Aynı proton sayısına haiz birçok aynı tür atom farklı sayıda nötronlara da sahip olabilir. Bazı uranyum atomları 238 proton ağırlığındadır, çünkü çekirdeklerinde 92 adet protona karşılık 146 adet de nötron yer almaktadır.

Her atomdaki elektronların sayısı protonların sayısına eşittir. Böyle olması da zorunludur. Ancak eşit sayıdaki proton ve elektronun pozitif ve negatif elektriksel yükleri ile bir atom dengede kalabilir ve nötr olabilir. Nötronun elektriksel yükü bulunmadığından, proton ile elektronlar arasındaki dengeye bir etkisi olmaz. Nötronlar sadece mevcudiyetleriyle atomların ağırlıklarını etkiler. Protonların adedinin o atomun atom sayısını vermesine karşılık, çekirdekteki proton ve nötronların sayılarının toplamı atomun 'kütle sayısını' gösterir. Bir protonun yükü ile proton sayısının çarpımı ise o atom çekirdeğinin toplam 'elektrik yükünü' ifade eder.

Proton sayıları aynı fakat nötron sayıları farklı olan atomlara 'izotop' adı verilir. İzotopların atom sayısı aynı, atom ağırlıkları ise farklıdır. Bir elementin izotopunun temel kimyasal özellikleri de aynı olur. Çünkü elementin kimyasal özelliklerini atom sayısı belirler. Çekirdeğinde hiç nötron bulunmayan hidrojen atomlarının bazılarında bir veya iki tane proton vardır. Bu tip hidrojen izotoplarına 'döteryum' ve 'trityum' adı verilir. Döteryum ihtiva eden suya 'ağır su' da denir. Ağır su, normal suyun içinde çok küçük miktarda bulunur. Bunlar, hiç nötronu

bulunmayan tek protonlu hidrojenden daha ağır hidrojen atomlarıdır. Tek proton ve tek elektronu bulunan hidrojen ise evrende en bol bulunan atomdur. Doğadaki her 7000 hidrojen atomundan 6999'u tek protonlu, biri ise iki protonlu hidrojendir. Üç protonlu hidrojen atomu ise pek bulunmaz.

İki protonu ve iki nötronu bulunan helyum atomunun bazı izotopunda iki protona karşılık sadece bir tane nötron mevcuttur. Helyum, hidrojenden sonra en bol bulunan atomdur. Çekirdeğinde on proton ve on adet nötron bulunan neon atomunun izotoplarında on protona karşılık on bir veya on iki tane nötron yer almaktadır. İzotoplarda elektron sayısı yine protonların sayısına eşittir. Birçok ağır atomun izotopu dayanıksız olup radyoaktif bozunmalara neden olurlar. İzotop bozunmaları bilhassa yıldızların içlerindeki nükleer reaksiyonlarda görülür.

Atomu meydana getiren üçüncü parçacık elektrondur. Bütün parçacıklar içinde en önemlisi ve en iyi tanınanıdır. En küçük ölçü ve ağırlığa haiz olan elektron ilk keşfedilen parçacık unvanına da sahiptir. En hafif olduğundan başka parçacıklara bozunamaz. Çekirdek etrafındaki yörüngelerde durmadan dönen bütün elektronlar birbirinin aynısı olup dönüşleri sırasında birer bulut tabakası meydana getirirler. Elektronlar negatif yüke sahiptir ve bir atom içindeki sayıları protonların sayıları kadardır. Hepsi negatif yüklü olduklarından birbirlerini iterler.

Değişik yörüngelerde dolanan elektronlardan en dıştakinin oluşturduğu bulut bir atomun büyüklüğünü temsil eder. Her farklı atomda farklı yörüngeler vardır. Atomların dışında bulunan bu elektron bulutları yüzünden birbirine dokunan cisimler iç içe giremez. Dış yörüngelerdeki aynı yüklü elektronlar birbirlerini devamlı iterek maddenin gördüğümüz şeklini korurlar. Eğer elektronların elektrik yükleri birden yok

olsaydı o zaman atomun yapısı dağılır, maddenin şekli değişir ve etrafı gözle görülemeyecek kadar ufak proton, nötron ve elektron tozları kaplardı.

En güçlü elektron mikroskoplarında bir atomun dış çapı bir siluet halinde görülmekte ise de, henüz hiç bir kimse bir elektron görememiştir ve asla göremeyecektir. Çünkü cisimleri bize gösteren ışığın dalga boyu bir elektronun çapından daha büyüktür. Işık elektrona çarpınca elektronu ileri iter ve geri dönemez ve onun görüntüsünü gözümüze getiremez. Buna rağmen elektronların varlığı kesindir.

Elektronların çekirdek etrafında dönme hızları saniyede 1000 kilometredir. Elektronlar, bunun yanında ayrıca, kendi eksenleri etrafında da dönerler. Elektronların bu dönüşleri hem saat ibresi yönünde hem de saat ibresinin tersi yönünde olabilir. Elektronların bu dönme hareketine 'spin' adı verilir. Çekirdek etrafındaki hızlı dönüşleri sırasında kazandıkları açısal hızları, çekirdeğin çekim kuvvetini dengeler.

Çekirdeğin etrafındaki yörüngelerde devamlı dolanmasına rağmen bir elektronun herhangi bir anda yörünge bulutunun neresinde bulunduğu asla bilinemez. Evrenin bir 'yaratıcısının' bulunduğuna dair bir örnek, hiçbir zaman insanoğlunun gözle göremeyeceği, buna karşılık varlığı kesin olan elektrondur.

Çekirdek etrafındaki elektronlar değişik yörüngelerde döner. Her bir yörüngede yer alan elektronların sayısı limitlidir. Birinci yörüngede iki elektrondan, ikinci yörüngede sekiz elektrondan, üçüncüde de on sekizden fazla elektron yer alamaz. Yörüngelerdeki elektron sayısı böylece devam eder. Buna göre toplam elektron sayısına göre yörünge veya elektron bulutlarının sayısı ortaya çıkar. Elektronlar bu yörüngeler arasında gidip gelirler. Her yörüngenin kendine ait bir enerji seviyesi vardır. Elektronlar yörüngeler arasında gidip geldikçe ya enerji kazanırlar yada enerji kaybederler.

Atoma ısıtılma yolu ile bir enerji verilince elektron da enerji kazanır ve bir üst yörüngeye sıçrar. Enerji daha da yükselince elektron daha üst yörüngeye gider ve sonunda atomdan ayrılır. Enerji kazanarak bir üst seviyeye çıkmış olan elektronun enerjisi azalınca ilk yörüngesine geri döner. Bu durumda meydana gelen enerji fazlalığı dışarı atılır. Elektronlar sadece belli yörüngelerde kalabilir ve sadece o yörüngeler arasında gidip gelebilirler. Bu yörüngelerde belli enerjilere sahip olan elektronların enerjileri dış yörüngelerde daha fazladır.

Bir üst yörüngeden alt yörüngeye inen elektronun enerji fazlalığı ışığın parçacığı olan bir foton olarak atomun dışına atılır. Foton atom içindeki bir elektrona çarpınca elektron dönmekte olduğu yörüngenin bir üstüne itilir. Fotonun içeri girmesiyle ek enerji kazanan atom eski durumuna dönebilmek için fotonu dışarı atar ve elektronu eski yörüngesine geri döndürür. Elektronlar farklı enerjili yörüngeler arasında gidip gelirken, fotonlar alırlar ve çıkarırlar. Fotonların bu hareketleri de 'ışığı' meydana getirir.

Her atom yörüngeleri arasında farklı elektron sıçramalarına sahiptir. Bu farklı hareketler farklı frekanslarda spektrum çizgisi çıkarır ve bunlar da çeşitli renklerde ışın demetini meydana getirir. Yani, bir ışık spektrumundaki her çizgi farklı yörüngelerdeki elektronların özel enerji seviyeleri arasındaki gidip gelmelerinin sonucudur. Böylece, bir ışık kaynağından veya bir yıldızdan gelen ışığın spektrum çizgilerinin analizinden o kaynaktaki atomların yapısını anlamak mümkündür.

Elektron, elektriğin ana parçacığıdır. Elektronun 1897'de keşfedilmesine elektrik akımı sebep olmuştur. Elektriğin pozitif ve negatif olmak üzere iki tür 'bir şeyin' akışı olduğu uzun zamandır biliniyordu. Önce tüp içindeki katot ışınlarında, sonra daha başka deneylerde son derece küçük negatif yüklü

parçacıklar tespit edilmiş ve bunlara ‘elektron’ adı verilmişti. Pozitif elektriği oluşturan protonlar ise çok sonra keşfedilmişti. Elektrik akımı elektronların aynı yönde kütlesel hareketidir. Bu olayda negatif yükler aynı yönde pozitif yükler de ters yönde hareket eder. Elektronların böyle hareketinden elektronik teknolojisi doğmuştur.

Elektronların bir akım şeklinde muhtelif cihazlardan geçirilmesiyle ısı, ışık gibi bir çok değişik enerji türleri elde edilir. Elektronlar bir tel boyunca itildiklerinde radyo ve mikrodalgaları, bir atom içinde sıçradıklarında ışığı, hızlı yol alan elektronlar bir metal tarafından durdurulunca da x-ışınlarını üretir. Bütün elektromanyetik radyasyon türleri daima yüklü elektronların hareketi ile ortaya çıkar.

Bazı metallerin elektronları atomlarından kolayca ayrılarak bir elektrik akımı şeklinde hareket ederler. Metal gibi iletken malzemelerde elektronların enerjileri fazla olduğundan bunlar protonların çekiminden kolayca kurtulur ve elektrik yüklerini ileterek akım meydana getirir. Bu yüzden metaller iyi birer elektrik iletkenidirler. Plastik, lastik, odun, cam gibi cisimler ise, elektronları birbirlerine sıkı sıkıya bağlı olduklarından, serbest elektronlarının çoğalmasına izin vermediklerinden, bunlar birer yalıtkandır. Yalıtkanlarda elektronlar atomlarına sıkıca bağlı bulunduğundan tatbik edilen bir voltaj gücü bunları atomlarından ayıramaz ve elektrik iletilemez. Elektron akışı iki iletken cisim arasında, elektrik yüklerinin üniform bir şekilde dağılımına kadar devam eder. Bu akış hızı çok fazladır. Eşitlik sağlanınca akış sona erer. Elektron akışının devamlı olması için dairesel bir iletken devrenin, ayrıca bir tahrik kuvvetinin bulunması gerekir. Elektronların bir güç altında harekete geçirilmesiyle devamlı bir elektrik üretimi sağlanır.

Tatbik edilen güç çok fazla olunca her element iletken olur ve yüksek güç her elektronu atomundan ayırabilir, yıldırımların

havada elektriği ilettikleri gibi. Silikon, germanium gibi bazı birkaç cisim ne iletken nede yalıtkandır. Bunlara 'yarı iletken' adı verilir. Bu tür cisimlerde elektronlar atomlarına gevşek şekilde bağlanmış olup, atomlar hareketlenince elektronlarından bir kısmı gevşekçe titreşir ve sadece bazıları iletken hale gelir. Yarı iletkenler akımı oldukça zayıf taşır. TV, bilgisayar, transistor gibi sistemler daima yarı iletken cisimlerden imal edilir.

Pauli tarafından bulunan 'dışlama ilkesine' göre, iki benzer elektron aynı yörüngede aynı pozisyonda ve aynı hızda bulunamaz. Aynı pozisyona ulaştıklarında hızları farklılaşır ve birbirlerinden ayrılır. En iç yörüngede sadece iki elektronluk yer vardır. Bu yörüngeye üçüncü bir elektron konulmak istenirse, o bir üst yörüngeye gider. İkinci yörünge sekiz elektron alabilir ve böylece devam eder. Atom, yörüngelerinde bulunan fazla elektronları atmak, eksik sayıda elektron bulunuyorsa dışardan elektron alıp yörüngelerini tamamlamak ister. Atomlar aralarında elektron alış verişinde bulunurlar ve bu tür paylaşmalar atomları bir arada tutar.

Eğer bütün elektronlar simetrik olup aynı enerji seviyesinde bulunsalardı o zaman bütün elementler aynı davranış içinde olurdu ve moleküller var olamazdı. Foton gibi bazı nesnelerin dışındaki bütün parçacıklar dışlama ilkesine uyar. Bu ilke yüzünden çekirdek etrafında dönen elektronların enerji ve spin'lerinin uyumu, farklı atomların elektronlarının alış verişiyle moleküllerin oluşmasını sağlar.

Elektronların oluşturdukları bulutları bozmak çok zordur. Fakat imkansız da değildir. Bunun için atomu milyonlarca atmosferlik bir basınçla sıkıştırmak veya milyonlarca derecede ısıtmak gerekir. Bulut dağılınca elektronlar serbest kalır ve çekirdek çıplak hale gelir. Yörüngelerinden ayrılarak serbest kalan elektronlar uzayda rasgele dolaşırlar. Atomun dış çapı da

10^{-8} cm'den 10^{-13} cm'ye inmiş olur. Civarda elektron bulutları kalmadığı için atomların çekirdekleri de birbirine iyice yaklaşır. Çıplak çekirdekler ve serbest elektronların meydana getirdiği böyle yapısı dağılmış maddeye 'plazma' adı verilir. Plazma durumunda artık normal atomlar ve moleküller yoktur ve yoğunluğu çok artmış bir 'dördüncü' madde oluşmuştur.

Bazı durumlarda dışardan hızla gelen bir parçacık atomun elektron sistemini bozar ve atom elektronunu geçici olarak kaybeder. Çekirdekteki protondan dolayı atom da pozitif elektrik yüklü hale gelir. Bu olaya 'iyonizasyon' denir. Pozitif yüklü iyonlar, elektronları ve negatif yüklü cisimleri çeker, diğer iyonları ise iter. İyonizasyon olayı, atomların bir araya gelerek molekülleri oluşturmalarının, elektrik ve manyetizmanın da esasıdır. Bir jet uçağının giderken arkasında bıraktığı iz bir iyonizasyon olayının sonucudur.

En dış yörüngede bulunan elektronlar atomlar arasındaki etkileşimleri gerçekleştirerek moleküllerin oluşmasını sağlar. atomların kimyasal özelliklerini belirleyen elektronların bağları, atomlar bir araya gelince zayıflar ve elektronların atomlarından ayrılmalarını kolaylaştırır. Moleküller teşkil edilince atomlar birbirlerinden oldukça uzak mesafede bulunur ve onların birbirlerinden kopmamalarını yine elektronlar sağlar. Atomların çeşitli birleşimlerinden, maddenin 'üç hali' olan katı, sıvı ve gazlar meydana gelir. İki atom yan yana gelince en dış yörüngede bulunun elektronların kararına göre atomlar ya birleşir veya ayrı yollara giderler.

Hidrojen atomunda sadece bir tane elektronun yer aldığı bir bulut, helyum atomunda da iki elektronun bulunduğu bir bulut vardır. Bir bulut iki tane elektrona sahip olunca o atom birleşim yapmaz. İkinci ve üçüncü bulutlar birden sekize kadar elektron tutabilir. Bulut sekiz elektronla dolunca atom yine birleşim yapmaz. Sekiz elektrondan daha az kalınca atom diğer

atomlarla birleşerek molekülü oluşturur. Bütün bu birleşmeler, dış yörüngelerde yer alması gereken elektronların sahip oldukları elektrik yükleriyle aralarındaki etkileşimler yolu ile gerçekleşir. Atomlar arasındaki çeşitli birleşmelerle milyonlarca tür molekül meydana gelir.

Proton, nötron ve elektronun diğer özellikleri, ayrıca bir atomun içinde yer alan başka parçacıklar, davranışları ve aralarındaki etkileşimlerden meydana gelen doğa olayları ilerideki bölümlerde detaylı olarak anlatılmaktadır. Buraya kadarki bölümde, John Dalton'dan Niels Bohr'a kadar geçen 110 yıllık bir süre içinde, Rutherford modeli, Bohr modeli diye adlandırılan ve bir atomun en belirgin özelliklerini ifade eden bilgilere yer verilmiştir.

Einstein, Kütle = Enerji

1806'da John Dalton'un atomların ağırlıklarına göre ilk sıralamayı yapmasından 62 yıl sonra, Rus Dimitri Mendeleyev, o zamanlar bilinen 63 elementin periyodik tablosunu tanzim etti. Mendeleyev, atomların kütleleri arasında periyodik artışlar bulunduğunu ve her atomun başka bir atomla birleşme kabiliyetinde olduğunu anlamıştı. Tablosunu yaparken 63 atomun birleşme kabiliyetini göz önüne aldı.

Periyodik tablo, 1913'de Niels Bohr'un elektronların bulutlar arasındaki etkileşimleri izah etmesi ve Mendeleyev'in tablosunda boş bıraktığı yerlere, ondan sonra keşfedilen elementlerin oturtul-masıyla son halini almış oldu. Doğadaki 92 adet elementin özellikleri ve tablo, 1926 yılında Avusturyalı Wolfgang Pauli tarafından bulunan dışlama ilkesi ile de daha iyi anlaşılır hale geldi.

1896 yılında Fransız Henri Becquerel uranyum elementini ihtiva eden madenlerin özel bir ışıma çıkardığını keşfetti. Bu, daha önce Röntgen tarafından bulunan x-ışınlarına benziyordu.

x-ışınlarını oluşturmak için içi boşaltılmış bir tüpten sürekli yüksek gerilimli elektrik akımı geçirmek gerekirken, bu yeni ışıma hiç bir şeye gerek olmadan ve hiç azalmaksızın devamlı çıkıyordu. Becquerel bu olaya 'radyoaktivite' adını verdi.

Bundan iki yıl sonra Fransız Pierre ve karısı Polonyalı Marie Curie bazı diğer elementlerin de radyoaktif olduğunu bularak bunlara toryum, polonyum ve radyum adını verdiler. Polonyum uranyumdan 300 defa, radyum da 2 milyon defa daha radyoaktif idiler. Curie'lerin izole ettiği saf radyum metali parlak bir ışık çıkarıyordu. Pierre Curie, radyoaktif atomların ayrışırken ortaya bir enerji yaydıklarını düşündü ve 1901 yılında bu enerjiyi ölçtü. Bu bir 'nükleer enerji' idi ve keşfedilmişti.

Bu sıralar radyoaktivite üzerinde çalışan Rutherford, radyoaktivite olayının, ağır elementlerin atomlarının kendiliğinden başka elementlerin atomlarına dönüşmesinden ileri geldiğini söyledi. Mendeleyev'in periyodik tablosundaki ağır elementler radyoaktiviteye sebep oluyorlardı. Bu ağır elementlerin çekirdekleri zaman içinde dağılıyor ve kendisinden daha hafif atomlara dönüşüyorlardı. Radyum atomu parçalandığı zaman ortaya çıkan sıcaklık ölçüldü. Bu olaydan atomun içinde muazzam bir enerjinin saklı olduğu anlaşıldı.

1905 yılında Alman Albert Einstein, bilim tarihinin en meşhur formülü olan $E=mc^2$'yi buldu. Bu formül, enerjinin maddeye eşit olduğunu, maddenin yok olmasıyla açığa çıkacak enerjinin, 300.000 km/saniye olan ışık hızının karesinin, o maddenin kütlesi ile çarpımına muadil olacağını belirtir. İnsanoğlunun 1905'den sonraki yaşamını değiştiren çok sayıdaki olaya imzasını atacak olan bu formül, aynı zamanda, bir atomun çekirdeğindeki 'son derece küçük' bir kütle değişiminin 'son derece büyük' bir enerjiyi meydana

getireceğini de ifade ediyordu. Şimdi iş bu formülü kullanarak atomun içindeki o korkunç enerjiyi dışarı çıkarmaya kalmıştı.

1919'da Rutherford nitrojen gazı ile dolu bir depoya alpha parçacıkları gönderdi. Deponun arkasında bir flüoresan ekran vardı. Normalde, alpha'ların nitrojen tarafından soğurulmaları gerekiyordu. Fakat ekranda alpha'ların yanında başka parçacıklar da parladı. Rutherford, nitrojen çekirdeklerin alpha parçacıklarıyla çarpışarak oksijene dönüştüğünü, sonra hidrojen çekirdeklerinin oluştuğunu, hidrojen çekirdekleri olan protonların da ekrana çarptığını düşündü. Rutherford alpha parçacıklarıyla yaptığı deneyle ilk yapay nükleer reaksiyonu gerçekleştirmiş oldu. Rutherford'a göre yüksek enerjili parçacıklarla hafif atomların çekirdek yapısını parçalamak mümkün idi.

1925'de İngiliz Patrick Blackett, bir buhar odası imal ederek prosesin görüntüsünü elde etti. Aldığı fotoğraflarda, nitrojen çekirdeklerinin oksijene dönüşmesi sırasında ortaya çıkan parçacıkların izlerini gösterdi. Alpha parçacıklarının çıkardıkları enerjiler normal radyoaktiviteden çok daha fazla idi.

1924 yılında İngiliz John Cockcroft laboratuarda protonları yüksek voltajlı elektrik alanında hızlandırdı. Önceleri, bir çekirdeği parçalamaya yetecek enerjinin çok yüksek olacağı sanıldı. Fakat Rus George Gamow, kuantum tüneli etkisi nedeniyle düşük enerjili protonların çekirdeği delebileceğini iddia etti. Bu tavsiye üzerine Cockcroft ve Ernest Walton 1932'de 800.000 Voltluk bir makinada hidrojen gazından çıkardıkları protonları hızlandırarak makinanın tüpünden geçirdiler ve alt kısımdaki lityuma çarptırdılar. Lityuma çarpan protonlar lityum çekirdeklerini helyuma dönüştürdü. Bu deneyle, Cockcroft ve Walton bir atomu parçalayan ilk insan oldular.

Deneyde, çarpıştırılan protonun ve lityum atomlarının kütlelerinin toplamı, ortaya çıkan helyumun kütlesine eşit çıktı. Böylece Einstein'ın enerji-kütle eşitliği elde edilmiş oldu. $E=mc^2$, yani enerji kütle eşitliği, nükleer fiziğin, enerjinin korunumu yasasının ana prensibidir. Böylece 1932 yılında Cockcroft tarafından parçalanan atom çekirdeği içindeki gizli enerji, atomun dışına çıkarılmış ve insanoğlunun hizmetine sunulmuş oldu.

Atomun çekirdeğini parçalamak için çekirdeğe ateşlenen pozitif yüklü protonların çok azı çekirdeğe çarpıyordu ve çoğu aynı yüklü çekirdek tarafından geri itiliyordu. 1932'de çekirdeğin ikinci parçacığı olan nötron keşfedildi. Herhangi bir elektrik yükü bulunmayan nötron çekirdeğe daha kolay yaklaşabiliyor ve nötronu içeri sokmak için fazla bir enerji gerekmiyordu. Nötronun daha uygun bir mermi olabileceği düşünüldü. Öte yandan, çekirdeğe ateşlenen parçacığın kütlesi ve hızı ne kadar büyük olursa, parçalanma sonrası ortaya çıkacak parçacıkların sayısının da o kadar fazla ve kütlelerinin de o kadar büyük olacağı hesap edildi. Bunun üzerine Cockcroft'unkinden daha güçlü, parçacıkları hızlandıran ve çarpıştıran makinaların imalatına geçildi.

1934 yılında Fransız İrene ve Frederic Joliot Curie alüminyumu alpha parçacıklarıyla bombardıman ederek fosfora dönüştürdüler. Fosforun izotopu olan bu yeni element radyoaktif idi. Bu metot daha sonraları elde edilecek olan binlerce başka izotop elementin yolunu açmış oldu. Bu sıralarda İtalyan Enrico Fermi, uranyumu bir yükü bulunmayan ve çekirdek tarafından kolayca yakalanabilen nötronlarla bombardıman ederek uranyumun izotopunu elde etme deneylerini yapıyordu. Alman Otto Hahn da benzer deneylerin içindeydi. Hahn, 1938'de uranyumu nötronlarla çarpıştırdı ve

kütlesi uranyum çekirdeğinin yarısı kadar olan baryum çekirdeği elde etti.

1934'de Fermi ve Curie'ler tarafından gerçekleştirilen ve 1938'de Hahn'ın ortaya koyduğu çekirdek parçalama deneyindeki olayın anlamını Avusturyalı Lise Meitner ve Otto Frisch açıkladı. Meitner ve Frisch, bu proseste uranyum çekirdeğinin gerilip parçalarına ayrıldığını anladılar ve bu olaya 'fisyon' adını verdiler. Protondan daha fazla nötronu bulunan uranyum fisyonunda çekirdeğin nötronlarla parçalanmasından dolayı bir enerji açığa çıkıyor, serbest kalan nötronlar uranyumun diğer atomlarını da parçalıyor ve bu proses zincirleme devam ediyordu.

Frisch, nötron sayısı daha fazla olan uranyum gibi ağır elementlerin hafif elementlerden daha kolay parçalanabileceğini ileri sürdü. Frisch ve Meitner, Einstein'ın $E=mc^2$ formülüne göre uranyumun izotopu olan U_{235}'in bir zincirleme reaksiyona kolayca girebileceğini ve reaksiyonun sonucunda muazzam bir enerjinin açığa çıkabileceğini anladılar. Bu buluş 'atom bombası' fikrini ortaya attı.

1940 yılında Amerikalı E. McMillan, neptünyum ve plütonyum elementlerini kullanarak ilk nükleer fisyon deneyini gerçekleştirdi. 1942'de de Fermi ilk atom reaktörünü imal etti. Reaktörde yapılan fisyon olayında açığa çıkan nötronlardan sadece bir tanesinin uranyuma çarptırılması sağlanıyor ve bir patlama olmaksızın meydana gelen ısı bir yerde toplanıyordu. Bomba durumunda ise, nötronların uranyum çekirdeklerini birbiri arkasına zincirleme parçalamasıyla bir saniyeden küçük bir zaman diliminde korkunç bir enerji patlama şeklinde ortaya çıkıyordu.

6.8.l945 günü Hiroshima'ya atılan bomba uranyumdan yapılmıştı. 9.8.1945'de Nagasaki'de patlatılan atom bombası

ise plütonyum elementinin fisyon reaksiyonu ile gerçekleştirilmişti ve bu plütonyum ile yapılan ilk bomba idi. Bunlardan önceki atom bombası denemesi ise 1942 yılında Amerika'da Nevada çölünde yapılmıştı. Tarihte meydana gelmiş ilk fisyon olayının ise, bundan milyonlarca yıl önce Afrika'daki doğal uranyum madeni depolarının kendiliğinden patlamasıyla olduğu sanılmaktadır.

Periyodik tablonun sonlarında yer alan elementlerden bazılarının nötron sayıları protonlardan fazla olup bu tür elementler kararsız bir yapıya sahiptir. İzotop olan bu elementlerin çekirdekleri sürekli olarak bozunup tablonun altına ve üstüne hareket ederler. Böyle ağır ve kararsız elementlerin sürekli bozunmaları sırasında atomlarından çıkan ve 'radyoaktivite' denilen radyasyon, alpha, beta veya gamma ışınları şeklinde olur. Bu ışın parçacıklarının ayrılmasından sonra geride kalan çekirdek farklı bir elementin atomunu oluşturur.

Atomların dışarıya ışın şeklinde parçacık çıkarmalarının sebebi, nötronları protonlarından fazla olan çekirdeklerin, proton-nötron dengesini tutabilmeleri ve dolayısıyla atom içi kararlılığın sağlanmasıdır. Nötron sayıları daha fazla olan ve tabloda kalsiyumdan sonraki elementlerde radyoaktivite görülür. Radyasyon çıkararak farklı özellikler içine giren her yeni elemente 'radyoaktif madde' adı verilir.

Alpha ışınları şeklinde oluşan radyoaktivitede, iki protonla iki nötron bir araya gelir. Bu, aynı zamanda bir helyum atomunun çekirdeğidir. İki protonla iki nötronun atomu terk edip dışarı çıkmasıyla atom şiddetle etkilenir ve tabloda yeni bir elemente dönüşür. Oluşan yeni elementin radyoaktivitesi o elementin dayanıklı bir element haline gelişine kadar devam eder. Radyoaktif uranyum sonunda kurşuna dönüşür. Alpha

parçacıkları pozitif yüklüdür ve sadece yüksek atomik ağırlığındaki elementlerde görülür.

Beta parçacığı elektronlardır. Nötrona bir protonla bir elektron yapıştığında, elektron ayrılırsa o zaman nötron yok olarak yerini proton alır. Ayrılan elektronun kütlesi çok küçük olduğundan atomun ağırlığı değişmez, fakat fazladan bir protonu bulunduğundan tablonun bir ilerisine giderek yeni bir element haline gelir. Yani, ağırlığı artmadan atomik sayısı yükselir.

Gamma ışınları çok yüksek enerjili ve kısa dalga boyundaki ışınlardır. Bunlar x-ışınlarına benzer ve çekirdekteki proton ve nötron sayılarını etkilemezler. Çekirdeğinde meydana gelen enerji kaybı üzerine atom, yüksek ve dayanıksız enerji durumundan düşük ve dayanıklı enerji durumuna dönüşünce, yüksek enerjinin fazlalığı gamma ışınları şeklinde dışarı yayılır.

1 elektron Volt (eV), elektronun bir Voltluk potansiyel yükseklikten aşağı kayarken kazandığı enerji miktarıdır. Bu miktar, atom içindeki enerji seviyelerinin birimidir. Uranyumun radyoaktif bozunumu sırasında çekirdekten dışarı fırlatılan alpha parçacığının enerjisi 4 milyon eV (4 MeV)'dir. Çekirdeğin içine girmek için gereken enerji miktarı ise 9 MeV kadardır.

Radyoaktif radyasyonun bir başka kaynağı da uzaydan gelen kozmik ışınlardır. Bunlardan zararlı olanları ağır elektronlara benzeyen muon ismindeki parçacıklardır. Muonlar atmosferin üst seviyelerinde yüksek enerjili protonlarla çarpışarak oluşurlar. Diğer bütün kozmik ışınların atmosfer tabakaları tarafından tutulmalarına karşılık, muonlar yeryüzüne inebilmektedir. Deniz seviyesinde 1 cm^2'den bir dakika içinde bir adet olarak geçen muonlar sağlığa zararlı ışınlardır.

Yeryüzü kabuğunun her bir km^2'sinde 8 ton uranyum ile 12 ton toryum elementi bulunmaktadır. Çevremizdeki radyoaktivitenin çoğu bu elementlerden kaynaklanır. Uranyum ve toryum, radon izotopu olan radyoaktif gaz çıkarır. Bu gazlar ciğerler için çok tehlikeli olup kanser hastalığına neden olurlar. Yerden çıkan bu tehlikeli gazın içeride birikip ölümcül olmaması için evlerin ve büroların rüzgara karşı tam olarak yalıtılmış yapılmaması ve sık sık havalandırılması gerekir.

Radyoaktif elementlerin bozunarak başka elementlere dönüşmesi değişik sürelerde olur. Bu süre o elementin atomlarının yarısının değişme zamanı ile ifade edilir. Belli bir süre içinde atom çekirdeklerinden kaç tanesinin bozunduğu ölçülebilir. Çıkan sayıdan, çekirdeklerin bir sonraki süre içindeki bozunma ihtimali de hesaplanabilir. Bu istatistiksel ihtimale 'yarı ömür' denir. Yarı ömür, alınan örneklerin yarısının bozunarak başka elementlere dönüşmesi süresini gösterir.

Her element bir yarı ömre sahip olup, bu süre saniyenin küçük bir kesrinden milyarlarca yıl arasında değişir. Tek bir atomun ne zaman bozunacağı asla bilinemez, fakat yarı ömür hesabından belli bir zaman içinde 'bütün atomların ne kadarının' bozunacağı bulunabilir. Bu usul, atomların ve elementlerin yaşlarını hesaplamanın tek yoludur. Bir elementin yarı ömrü 40 yıl ise, onun 100 gramı 40 yıl sonra 50 grama, ikinci bir 40 yıl sonra 25 grama, üçüncü 40 yıl sonra 12.5 grama inerek devam eder ve sonunda tamamen yok olur veya başka bir elemente dönüşür.

$Uranyum_{238}$ elementinin yarı ömrü 4.5 milyar yıldır. Bu, aynı zamanda, Dünya'nın da yaşıdır. Şu anda Dünya'da bulunan uranyum miktarı ilk zamandakinin yarısı kadardır. Çünkü mevcut uranyumun yarısı bozunmuştur. Uranyum birçok evreden sonra sonuçta kurşun haline gelecek ve doğadaki

kurşun miktarı devamlı artacaktır. Radyumun yarı ömrü 1620 yıl, radonun 3.8 gün, polonyumunki ise bir saniyeden kısadır. Uzun yarı ömre sahip radyoaktif elementler, kısa olanlara göre daha fazla zararlıdır. Zira, etkilerinin sona ermesi için yarı ömürlerini tamamlamalarını beklemek gerekir.

Fisyon, bir atom çekirdeğinin parçalanması olayıdır. Fisyon, reaksiyonu uranyum ve plütonyum gibi ağır atom çekirdeklerinde meydana gelir. Atom ağırlığı gümüşten daha az olan elementlerde bu reaksiyon görülmez. Bir uranyum çekirdeğine nötron çarptırılınca çekirdekteki proton ve nötronlar gruplar halinde ikiye ayrılır. Her bir gruptan ayrılan birer nötron diğer çekirdeklere çarpar ve her bir nötron ayrı bir çekirdeği parçalar. Bu bir 'nükleer fisyon' reaksiyonudur. Fisyon'da parçalanan çekirdeğin parçalarının toplam ağırlığı çekirdeğin ilk durumundaki ağırlığından daha azdır. Aradaki kütle farkı enerji olarak dışarı atılır. Bu proses ilk defa Einstein tarafından keşfedilmiştir.

Zincirleme fisyon reaksiyonunda, çekirdeğe çarpan bir nötron oradan üç nötron fırlatır. Bu nötronların her biri üç ayrı çekirdeğe çarpar ve üç ayrı çekirdeğin her birinden çıkan üçer nötrondan her biri ayrı birer çekirdeğe daha çarparak, her birinden üçer nötron daha fırlatır. Ve bu olay zincirleme olarak devam eder. Zincirleme reaksiyonlar pratikte sadece $Uranyum_{233}$, $Uranyum_{235}$ ve $Plutonyum_{239}$ atomlarında gerçekleşir. Hiroşima'ya atılan U_{235}, Nagazaki'ye atılan bomba ise PU_{239} olmuştur.

Zincirleme fisyonda önemli olan hususlar, çekirdeğin bölünmesiyle ortaya çıkan nötronların sayısının 1'den fazla olması, ortaya çıkan nötronların diğer çekirdeklere rastlayıp değmesi ve nötronların çekirdeğe yeterli bir hızla çarpmasıdır. Nötron sayısı 1 ise fisyon olmaz. Maddenin yapısı içinde çekirdekler son derece seyrek dağıldıklarından, nötronlar bir

çekirdeğe rastlamadan maddeyi terk edip dışarıda çıkabilir. Bu durumda nötronların yavaşlatılmaları gerekir. Çünkü yavaş nötronların çekirdeklerce kapılması ihtimali hızlı nötronlara göre daha fazladır. Nötronları yavaşlatmak için ağır su kullanılır. Bazı durumlarda çekirdekler nötron çarpması ile titreşir, uzar, kısalır ve bölünmeden kalabilir. Onun için nötronların yeterli bir hızla çarpmalarını sağlamak da önemlidir.

Zincirleme reaksiyon için çekirdekler tarafından kapılan nötron sayısının çok, maddeyi terk edip çıkanların sayısının ise az olması lazımdır. Bunun için uranyumun kütlesinin yeterli büyüklükte olması şarttır. Kütle büyüdükçe nötronların dışarı kaçma yolları uzayacak ve çekirdeklere rastlama ihtimali artacaktır.

Kütle ile zincirleme reaksiyon arasındaki orana 'kritik kütle' denir. Kütle bu orandan küçükse reaksiyon olamaz. Kritik kütle maddenin cinsine, saflığına, nötronların hızına bağlıdır. Saf $Uranyum_{235}$ için kritik kütle 47 kilogramdır. Yansıtıcı berilyum ile çevrelenmiş kritik kütle ise 242 gramdır. 47 kg'lık saf uranyuma bir nötron çarptığı takdirde saniyenin milyon kere milyarda biri içinde reaksiyon meydana gelir ve patlama gerçekleşir. Bir atom bombasını patlatmak için, her birinin kütlesi kritik kütleden küçük, fakat toplamlarının kütlesi kritik kütleden büyük iki U_{235} parçasını bir araya getirmek yeterlidir.

Fisyondaki enerjinin büyük bir kısmı ısı olarak açığa çıkar. Kontrol edildiği takdirde bu enerji bir güç kaynağı olarak kullanılabilir. Kontrol edilmeyen fisyon kendisini bir atom bombasının patlaması şeklinde gösterir. Zincirleme fisyon olayında bütün reaksiyon bir saniyenin çok küçük bir dilimi içinde yıldırım hızı ile gerçekleşir. Nükleer reaktörlerde açığa çıkan nötronların bazıları kadmium'dan yapılmış uzun

çubuklarla soğurularak fisyon prosesi kontrol edilir ve faydalı enerji elde edilebilir.

Reaksiyonu denetim altında yapmak ve enerjinin yavaş yavaş açığa çıkmasını sağlamak için çekirdeğe giren bir nötrona karşılık sadece bir nötronun çıkmasını sağlamak gerekir. $Uranyum_{235}$'de her bir nötron ortalama 3 nötron çıkardığından fazla nötronlar kadmiyum çubuklarla emilerek ortadan kaldırılır. Uranyum içine sokulan bu çubukların uzunluklarından 'bir nötrona karşılık bir nötron' koşulu ayarlanarak fisyon reaksiyonu kontrol edilebilir.

Füzyon reaksiyonu ise fisyonun tersidir. Nükleer füzyon olayında iki hafif çekirdek çarpışarak birbirine yapışır. Bu esnada zayıf nükleer kuvvet bozularak enerji çıkarır. İki hafif çekirdeğin birleşmesinden meydana gelen yeni çekirdeğin ağırlığı, iki çekirdeğin ağırlıklarının toplamından daha azdır. Aradaki kütle farkı bir enerji olarak dışarı çıkar.

Füzyon, gümüşten daha hafif olan elementlerde görülür. Tipik bir füzyonda, dört hidrojen atomu birleşerek bir helyum atomunu meydana getirir. Bu olurken, protonlardan ikisi elektronların eklenmesiyle iki nötrona dönüşür. Geride kalan iki proton ve yeni oluşan iki nötron helyum yapmak için birleşir. Hidrojenin füzyon reaksiyonu sırasında sadece %1'i enerjiye dönüşür. Bu %1'lik farkın çıkardığı enerjinin boyutu çok büyüktür.

Hidrojen bombası bir füzyon reaksiyonu sonucudur. Bombanın imalinde, hafif hidrojen çekirdeklerinin kendilerinden daha ağır diğer çekirdeklerle birleşmeleri öngörülmüştür. Yıldızların ve Güneş'in içindeki reaksiyon da bir füzyon olayıdır. Biz bu reaksiyon nedeniyle Güneş'ten ısı ve ışık almaktayız. Bir hidrojen bombasında füzyon reaksiyonun çok kısa bir zaman içinde çok hızlı gerçekleşmesine karşılık,

yıldızların içinde aynı reaksiyon çok yavaş olur ve milyonlarca yıl sürer. Bu nedenle yıldızlar bomba gibi patlayamazlar.

Bir füzyon reaksiyonundan çıkan enerji miktarı aynı kütledeki bir fisyondan çıkan enerjiden daha büyüktür. Füzyon temiz bir proses olup, ana malzemesi su içinde bol miktarda mevcut bulunmaktadır.

Füzyon elde etmek için atomları milyonlarca derecede ısıtmak gerekir. Atom ısıtılınca elektronları dağılır ve çıplak çekirdekler kalır. Daha fazla ısıtılınca çıplak çekirdekler birbirine çarparak kaynaşır ve belli bir sıcaklıkta da füzyon reaksiyonu meydana gelir. Füzyon, aynı zamanda, evrenin de enerji kaynağı olup yıldızların parlamasına neden olur.

Işığın Tabiatı

Tarih öncesinin insanları, ışığın gözden çıktığına ve bir cisme çarpınca görüntünün üretildiğine inanıyorlardı. Daha sonra, ışığın gözden çıkmadığı, uzaydan gelen aydınlıkla cisimlerin görülebildiği düşünüldü. 1611'de Galileo, bir cismin görülebilmesi için uzay aydınlığının şart olmadığını belirterek, Güneş ışığı altında ısıtılmış bir maden parçasının karanlık oda içinde hafif bir parlaklık çıkardığını gösterdi. Galileo, ışığın atom denilen çok küçük parçacıklardan oluştuğunu söyledi.

Işıkla ilk uğraşan insan Newton oldu. Newton, 1666'da Güneş ışığını bir prizmadan geçirerek bir renk demeti elde etti ve bu demete 'spektrum' adını verdi. Daha sonra, renkli ışın demetini bir mercekten geçirerek beyaz ışık üretti. Newton, beyaz ışığın diğer renkli ışınların karışımı olduğunu, ışığın kendisinin çok hızlı yol alan parçacıkların akışı şeklinde gerçekleştiğini, uzayın bu parçacıklarla dolu bulunduğunu ileri sürerek fikirlerini 1704 yılında yayınladığı 'Opticks' adlı

kitabında belirtti. Newton'un deneyleri ışıkla ilgili yapılan ilk bilimsel çalışmaydı.

1678'de Hollandalı Christiaan Huygens, ışığın parçacıklar şeklinde yol alması halinde bu parçacıkların yarı yolda birbirleriyle çarpışacaklarını ve birbirlerini yok edeceklerini ileri sürdü. Huygens, bütün uzayın görünmeyen bir madde ile kaplı bulunduğunu, cisimlerden çıkan ışığın bu maddenin bir dalgasal hareketi şeklinde olduğunu söyledi. Yani, uzaydaki madde ışığı dalgalar halinde göze taşıyordu. Işığın düz bir çizgi şeklinde yol alması, cisimlerden yansıması ve kırılması özelliklerinden dolayı Huygens'in iddiası fazla itibar görmedi ve bir 100 yıl boyunca Newton'un teorisi hakim oldu.

1803 yılında İngiliz Thomas Young bir deney yaptı. Deneyinde tek renkli ışığı, birbirine çok yakın iki dar yarıktan geçirdi. İki dar yarıktan geçen ışık arkadaki bir ekran üzerinde parlak ve karanlık bantlar oluşturdu. Yarıklardan biri kapatılınca bu bantlar yok oldu. Denizdeki dalgalar gibi, ışık ışınları birbirlerini bazen yok ediyor, bazen da güçlendiriyordu. Young, bu durumun ancak, ışığın dalgalar halinde yol almasıyla izah edilebileceğini ileri sürdü. Young'un 'çift yarık' deneyi ile 100 yıldır süren tartışma, ışığın dalga teorisi lehine sona erdi. Işığın davranışı ile ilgili konu Young'dan sonra tekrar 1905 yılında sadece Einstein tarafından ele alınacaktı.

Huygens, yayılan ışık dalgalarının her noktasının yeni ışık dalgaları yayınlayan kaynaklar olduğunu ve bütün bu dalgaların uzunlamasına yol aldığını belirtmişti. Young ise, dalgaların daha çok çaprazlamasına ilerlediğini iddia etti. Fransız Augustin Fresnel de 1815'de bu iki fikri geliştirerek, ışık dalgalarının hem uzunlamasına hem enlemesine olmak üzere her düzlemde, ayrıca yatay ve dik ve her açıda hareket ettiklerini ileri sürdü. Fransız Pierre Bouguer ise, sabit geçirgenlikteki bir ortam içinden geçen ışınların yoğunluğunun,

ortam içinde aldığı yolun uzunluğu ile orantılı olarak azaldığını gösterdi.

Işığın sahip olduğu hızı ölçmek için yapılan ilk deneyler başarısız geçti. Çünkü deneyler yeryüzü üzerindeki iki tepede duran ve ellerinde birer ışık kaynağı bulunan insanlar arasında yapılıyordu ve hassas ölçüm cihazları mevcut değildi. 17'ci asra kadar ışık hızının sonsuz olduğuna inanıldı.

1675'de Danimarkalı Ole Roemer, ışık hızının sonsuz olmadığını gösterdi. Bunun için Roemer, Jüpiter'in aylarından birini kullandı ve Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinde Jüpiter'e en yakın konumdaki durumunda Jüpiter'in arkasını dolanan Ay'ından çıkan ışığın gelme süresinin, Dünya'nın Jüpiter'e en uzak konumdayken aynı aydan gelen ışığın ulaşma süresinden daha kısa olduğunu buldu. Bunun sebebi ışığın, yakın ve uzak konumlardaki farklı uzaklıklarda aldığı yollar için geçen farklı süreler olmalıydı. Roemer, ışığın hızını 227.000 km/saniye olarak hesap etti.

Bundan 50 yıl sonra İngiliz James Bradley, uzaktaki bir yıldızın sürekli gözlenmesi için teleskopun Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketi yönünde ona paralel olarak döndürülmesi gerektiğini keşfetti. Bradley, teleskopun dönüş açışından Dünya'nın hızı ile yıldızdan gelen ışığın hızı arasındaki oranı buldu ve bu orandan da ışığın hızını hesapladı. Sonuç, Roemer'inkinden daha yakın bir değer çıktı.

1849'da Fransız Armand Fizeau, bir tepeye kenarları çentikli, dönen bir disk yerleştirdi, karşıdaki başka bir tepeye de bir ayna koydu. Çentikten geçen ışık karşıdaki aynaya çarpıp geri geldi. Disk döndürülünce dönen ışık çentiğin dışına çarptı ve diskin arkasındaki bir kimse tarafından görülemedi. Disk daha hızlı döndürülünce, geri gelen ışık bir sonraki çentikten geçti ve diskin arkasındaki göze geldi. Işık, iki tepe arasındaki uzaklığı iki dişin birbiri arkasında aynı pozisyona gelme

süresine eşit bir aşamada alıyordu. Fizeau, diskin dönüş hızından ışığın hızını hesapladı.

1842 yılında Avusturyalı Christian Doppler önemli bir buluş yaptı. Buna göre, duran bir kimseye yaklaşan bir ses kaynağından çıkan sesler daha yüksek, uzaklaşan kaynaktan çıkanlar ise daha düşük perdeden ulaşır. Doppler bunun nedeni olarak, hareket eden cismin ses dalgalarını hareket yönünde sıkıştırdığını ve daha hızlı yol almasını sağladığını, arkasında kalan ses dalgalarını ise genleştirdiğini ileri sürdü. Gerçekten de, bir insana doğru gelen cismin çıkardığı ses, o cismin insandan uzaklaşırken çıkardığı sesten daha tiz işitilir.

Fizeau, 1848'de Doppler'in bu buluşunu ışığa uyguladı ve duran bir kimseye doğru gelen bir ışık kaynağından çıkan ışınların dalga frekanslarının artan miktarlarda, uzaklaşan kaynaktan çıkanların da azalan miktarlarda olacağını ileri sürdü.

1850'de Fransız Jean Bernard Foucault, Fizeau'nun diskinin üzerine çentikler yerine dönen aynaları koydu ve daha hassas sonuç elde etti. Fizeau'nun ölçümü olan 315.000 km/saniyeye karşılık, Foucault'unki gerçeğe daha yakın çıktı. Foucault ayrıca ışığın su içinde havadan daha yavaş yol aldığını da buldu. Daha sonra Amerikalı Albert Michelson optik metotlarla, ışık hızını şimdiki ölçüme en yakın değer olan 299.798 km/saniye olarak tespit etti.

Fakir bir Alman ailenin oğlu olan 19 yaşındaki Joseph von Fraunhofer, ayna imal eden bir dükkanda çıraklık yapıyordu. Kısa bir süre sonra Fraunhofer kaliteli optik cihazları yapan bir usta oldu. Yaptığı kaliteli mercekten Güneş ışığını geçiren Fraunhofer bir ekran üzerinde ışığın renkli spektrumunu elde etti. Renk demetinin içinde siyah çizgiler vardı ve Fraunhofer bunlardan 574 tanesini saydı. Sonra aynı deneyi Venüs ve değişik yıldızların ışığında yaptı ve aynı sonucu aldı.

Bu karanlık çizgiler ondan önce de görülmüştü, fakat merceğin yapısından ileri geldiği sanılmıştı. Fraunhofer ise bunların mercek veya prizmadan değil, ışığın bir özelliğinden ileri geldiğini ispat etti. Fraunhofer'in 1815'deki buluşu, akademik bir isme sahip olmadığından itibar görmedi. Ondan 50 yıl sonra aynı deney Alman Gustav Kirchoff tarafından yapıldı ve bu siyah çizgilerin önemi anlaşıldı. Fakat Fraunhofer 39 yaşında veremden ölmüştü ve buluşunun değerini alamamıştı.

1860 yılında Kirchoff, spektrumdaki karanlık çizgilerin, ışık çıkaran Güneş'in atmosferindeki atomların özelliklerinden ileri geldiğini ispat etti. Renkli spektrum bandı içindeki siyah çizgiler elementlerin türlerine göre değişiyordu ve her elementin kendine has ayrı bir çizgi dizilişi bulunuyordu. Kirchoff buradan, Güneş yüzeyinde yer alan elementleri tespit etti.

Bu sıralarda İngiliz Michael Faraday elektrik ve manyetik alanları keşfetmiş, James Clerk Maxwell de 1864 yılında bu alanları birleştirerek 'elektromanyetizmanın' matematiksel denklemlerini çıkartmıştı. Maxwell'in teorisinden sonra, bir elektromanyetik alanın nasıl oluştuğu ve onların uzayda ışık hızı ile dalgalar halinde nasıl ilerlediği anlaşılmıştı. Maxwell, ışığın da bir elektromanyetik dalga olarak düşünülmesi gerektiğini ileri sürmüştü. Maxwell'in öngördüğü elektromanyetik dalgalar ise 1888 yılında Alman Heinrich Hertz tarafından keşfedildi. Maxwell ayrıca, elektromanyetik dalgaların ilerleyebilmesi için uzayın 'eter' denilen gözle görülemeyen bir elastik madde ile dolu olması gerektiğini belirtti.

1890'lı yıllarda bilim adamları sıcak cisimlerin nasıl ısı ve ışık çıkarabildiklerini anlama girişimleri içine girdiler. O zamanki bilgilere göre, cisimlerin sıcaklıklarına bağlı dalga

boylarında yaydıkları elektromanyetik radyasyonun dalga boyu, sıcaklık yükseldikçe daha kısa, azaldıkça daha uzun oluyordu. Dalga boyu kısaldıkça radyasyonun enerjisi de artıyordu. Çünkü, dalga boyu ile frekans ters orantılı olup, dalga boyu büyüdükçe frekans kısalıyor ve enerji de artıyordu. Buna göre, çok kısa dalga boyuna sahip olan x-ışınlarının insanları yakması ve çok yoğun enerjiye sahip morötesi ışınların dalga boylarının çok kısa olması gerekirdi. Halbuki durum böyle değildi.

Yapılan deneylerde ısıdan çıkan radyasyonun, onu çıkaran cismin yapısına değil, tamamen sıcaklığına dayandığı görüldü. 'Siyah cisim' adı verilen bir ısı kaynağı elektromanyetik spektrumun morötesi tarafında sonsuz miktarda enerji çıkarıyordu. Bu durum uzun süre bir sır olarak kaldı. 1900'ün son günlerinde Alman Max Planck problemin cevabını buldu. Planck, siyah cisimden çıkan enerjinin sürekli ve sonsuz olmadığını, ışık dahil bütün elektromanyetik radyasyonun küçük enerji paketleri halinde yayıldığını söyledi ve bu paketlere 'kuanta' adını verdi. Bu paketler belli bir minimum ölçünün üzerindeki boyutlardaydı ve ışığın frekansı yükseldikçe her bir paketin taşıdığı enerji de artıyordu.

Planck, paketlerin frekansı ile enerjileri arasındaki bağıntıyı $E=hf$ formülü ile gösterdi. E=enerji, f=frekans ve $h=6.6262x10^{-34}$ idi. Bilim tarihinin bu çok önemli formülü Planck'tan sonra bir çok bilinmeyen olayı açıklığa kavuşturdu. Elektromanyetik radyasyonun çıkardığı enerji paketleri olayı daha önce 1872'de Alman Ludwig Boltzmann tarafından matematiksel olarak bulunmuştu, ama teorinin deneylerle ispatı Planck'a nasip oldu.

Işığın bazı metallerin üzerine çarptığında, metalin yüzeyinden elektron çıkararak metalde küçük bir elektrik akımına sebep olduğu 1880'lerden beri biliniyordu. 1903'de Fransız Philipp Lenard, metal yüzeye çarpan ışık miktarı artırıldığında dışarı fırlayan elektronların enerjilerinin aynı

kaldığını, fakat buna karşılık çıkan elektronların sayısının arttığını gösterdi. Bu durum, o zamana kadar olan ışığın dalgalardan meydana geldiği inanışına şüphe getirdi.

Alman Albert Einstein, bu sıralarda Bern'deki patent bürosunda bir memur olarak çalışıyor ve bilim adamlarının makalelerini okuyordu. 25 yaşındaki Einstein imdada yetişti ve 'fotoelektrik etki' olarak adlandırılan makalesini 1905 yılında Alman 'Annalen der Physik' dergisinde yayınlattı. Einstein makalesinde, ışığın bir makinalı tüfekten çıkan kurşunlar gibi kesikli ve darbeli parçacıklar halinde yol aldıklarını ileri sürdü ve bu parçacıklara 'foton' adını verdi.

Einstein'ın fotonları, Planck'ın kuanta parçacık paketleri gibiydi. Fotonların enerjisi, ışığın frekansına bağlıydı ve frekans arttıkça fotonun enerjisi de yükseliyordu. Frekans ile fotonun enerjisi arasındaki bağıntı da Planck'ın E=hf formülü ile izah ediliyordu. Planck, ışık çıkaran bir cisimden yayılan kuanta denilen enerji paketlerinin devamlı olduğunu, kuantaların birleşerek dalgaları oluşturduğunu, dalgaların soğurulduğunda parçalanarak kuantalara ayrıldıklarını ileri sürmüştü. Einstein ise ışığın iki karaktere sahip olduğunu, hem dalgalar hem de parçacıklar halinde ilerlediğini belirterek Planck'ın teorisini tamamladı.

1803 yılında Young ışığın dalgalar halinde yol aldığını, ondan 100 yıl sonra da Einstein, ışığın aynı zamanda parçacık paketleri halinde ilerlediğini ispat ettiler ve ışıkla ilgili bu garip gerçek 1905'de anlaşılmış oldu.

Bilim tarihinin en önde gelen buluşlarından olan Planck ve Einstein'ın teorileri, atom seviyelerinde, daha önce Newton ve Maxwell gibi ünlü bilim adamlarının teorilerinin yeterli olmadığını ortaya koydu ve yepyeni bir modern fiziğin başlamasına neden oldu. Daha sonra yapılan deneylerde, ışığın foton denilen parçacıklardan oluştuğu, fotonların atomların

elektronlarından dışarı çıktığı ve parçacıklar yağmuru halinde yol aldığı ve aynı zamanda dalgalar halinde yayıldığı görüldü. Günümüzde Yapılan çift yarık deneylerinde, 'dalgalar' halinde yayılan fotonlar karşıdaki levhaya 'parçacıklar' halinde çarpmaktadır.

Işığın üç önemli özelliği bulunmaktadır. Işık düz çizgiler halinde her yönde yol alır, parlak bir cisme rastlayınca yansır ve bir ortamın içine girince kırılır.

Bir elektromanyetik dalga olan ışığı meydana getiren neden, ya elektrik yüklerinin hızlanması veya nükleer reaksiyonlardır. Bir cisim ısıtılınca cismi oluşturan atomların elektronları yörüngesinden çıkarak daha yüksek enerji seviyelerindeki yörüngelere fırlar ve derhal bir önceki seviyelerine inerler. Bu sırada, atomdan dışarı bir foton çıkar. Yüklü elektronların harekete geçmesi ve hızlanmaları ile dışarı çıkan foton parçacıkları da ışığı meydana getirir.

Doğadaki bütün cisimler ışın yayarlar. Soğuk cisimlerin çıkardığı ışınların dalga boyları çok uzun olduğundan bu ışınlar gözle görülemez. Cisim ısıtılınca dalga boyu kısalır ve çıkardığı ışın görülebilir hale gelir. Evrendeki her cismin mutlak sıfır derecesinin üzerinde belli bir sıcaklığı vardır ve her biri farklı dalga boylarında elektromanyetik radyasyon çıkarır.

Oda sıcaklığında cismin çıkardığı radyasyon spektrumun kızılötesi tarafındadır. Bunların dalga boyları uzun olup gözle görülemez. 800 dereceye ısıtılmış cisim kızıl haldedir ve yaydığı radyasyon hala kızıl ötesi bölgesindedir. Cisim ancak karanlıkta görülebilir. 3000 derecede cisim beyaz renk alır. Bu durumda çıkan enerjinin sadece %10'u ışık şeklindedir ve gerisi ısı durumunda kalır. Sıcaklıkla enerji arasında üniform bir oran olmayıp, enerjinin artışı sıcaklığın yükselmesine göre çok daha hızlı gerçekleşir.

Fotoelektrik etki deneyinde olduğu gibi, parlak bir metalin yüzeyine ışık gönderildiğinde metalin yüzeyindeki atomların elektronları dışarı fırlar. Bu durum ışığın parçacık karakterinden ileri gelmektedir. Eğer ışık sadece bir dalga hareketi olsaydı, ışığın şiddeti azaltılınca çıkan elektronların da hızlarının azalması gerekirdi. Halbuki çok zayıf ışıkta bile çıkan elektronlar aynı hıza sahip olmaktadır. Bu deney, ışığın parçacıklardan meydana gelmiş olmasının en önemli açıklamasıdır. İçi ping-pong topları ile dolu bir kutuya tek jetten sıkılan bir su deneyinde, toplardan birkaçı dışarı fırlar. Çok jetli su deneyinde ise, topların tamamı fırlar. Her iki deneyde de toplar kutudan aynı eşit hızlarda fırlar.

Işığı meydana getiren parçacıklar olan fotonların enerjisi ışığın frekansı ile orantılıdır. Mavi ışığın fotonları kırmızı ışığın fotonlarından daha fazla enerjik, x-ışınlarınınkiler ise hepsinden daha yüksek enerjiye sahiptir. Işığın yoğunluğu yükseldikçe, aynı enerjili fotonların sayısı artar ve dolayısıyla metalden daha çok elektron fırlar. Bu elektronlar, elektrik yüklü parçacıklar olduklarından bir elektrik akımı meydana getirirler.

Işık yolu ile üretilen elektrik akımı otomatik açılıp kapanan kapılarda yaygın olarak kullanılır. Kapalı bir kapının arasından geçmek isteyen bir kimse kapının iki yanındaki noktalar arasındaki ışık ışını arasına girince ışık kesilir, akım durur ve kapılar açılır. İnsan geçtikten sonra ışınlar birleşerek tekrar bir elektrik akımı yaratır ve kapılar kapanır.

Işığı oluşturan fotonların elektrik yükleri yoktur. Her foton bir enerji ve momentuma sahiptir. Durağan fotonların kütlesinin sıfır olmasına rağmen, hareketli fotonlar çok küçük de olsa bir kütlelerinin bulunması yüzünden çarptıkları yüzeylere bir basınç uygular. Fotonlar ayrıca bir spin'e de sahiptir. Hareketli fotonların sahip oldukları kütleler yüzünden

Güneş'ten yeryüzüne gelen ışık Dünya yüzeyine 350 milyon tonluk bir basınç uygular.

Bir elektrik ampulünün bir saniyelik bir zaman dilimi içinde etrafa yaydığı fotonların sayısı 10 milyar defa trilyondur. Fotonlar arasındaki mesafeler bir dalga boyu kadardır. Sıcaklık yükseldikçe fotonlar arasındaki uzaklık azalır. Fotonların sayısı sıcaklık arttıkça azalır, enerjileri ise sıcaklık yükseldikçe artar.

Işığın boşluktaki hızı 299.792,458 km/saniyedir. Bu sayı, anlatımlarda yaklaşık değeri olan 300.000 km/sn olarak kabul edilir. Işığın hızı evrendeki 'en büyük' hızdır. Hiç bir cisim bu hıza ulaşamaz. Bu hızın %99.999'una teorik olarak ulaşılabilir fakat %100'üne asla. Işık hızına en çok yaklaşan cisimler atom altı parçacıklar olup onun %99.9'u bir hızla yol alabilirler.

Işık boşlukta daima aynı sabit hızla gider ve hangi yönde nereden çıkarsa çıksın bu hız asla değişmez. Bu özellik 'sadece' ışığa aittir ve doğadaki hiçbir başka cisimde bulunmaz. Bizden 299.000 km/sn'lik bir hızla uzaklaşan bir yıldızın ışığı, arkasında bulunmamıza rağmen bize yine 300.000 km/sn'lik bir hızla ulaşır. Bu acayip özelliğin 'nedeni' bilinmemektedir.

Boşlukta 300.000 km/sn'lik hızla giden ışığın hızı yoğun ortamlarda azalır. Su içinde 225.000 km/sn, cam içinde 176.000 km/sn, elmasın içinde ise 124.000 km/sn'lik hızla yol alır. Ortamın kırılma indisi ışık hızını etkiler. Ortam ışığı ne kadar fazla kırarsa ışık da o ortam içinde o kadar yavaş ilerler. Bunun nedeni yoğun ortamların fotonları etkilemesidir. Diğer dalgaların aksine ışık, havası alınmış boşlukta da yol alabilir. Işık Dünya'nın çevresini bir saniyede sekiz defa dolanır. Bizden 150 milyon kilometre uzaklıkta olan Güneş'in ışığı ise bu mesafeyi 8.3 dakikada kat ederek bize ulaşır. Işık bir yıl içinde 9.460.528.405.000 kilometre yol alır, ki buna 'ışık yılı' adı verilir.

Çok sıcak bir havada araba sürerken ilerideki asfalt yolun üzerinde su birikintisi gibi bir görüntünün görülmesinin sebebi yine ışıktır. Işık Soğuk havada daha yavaş yol alır. Su birikintisini gören otomobildeki kimse o anda soğuk havanın içindedir ve yolun üstünde de sıcak hava bulunmaktadır. Işık sıcak havada daha hızlı gittiğinden uzaydan gelen ışığın bir kısmı göze yoldan gelir ve gökyüzünün görüntüsünü ilerdeki yola yansıtır. İleride serap şeklinde görülen ise ışığın yansıttığı gökyüzünün görüntüsüdür.

Bir prizmadan geçirilen ışık prizmanın arkasında bir renk demeti oluşturur. Bu demetin bir ucunda kırmızı ışık, sonra turuncu, sarı, yeşil, mavi, koyu mavi gelir ve öbür ucunda da mor ışık yer alır. Bu renk bandına 'ışık spektrumu' adı verilir. Spektrumun içinde renkleri birbirinden ayıran aralıklar ve ayrıca Fraunhofer çizgileri denilen siyah karanlık çizgiler bulunur.

Her atomun kendisine ait farklı renkleri ihtiva eden spektrumu olup, renklerden o ışığı çıkaran atomların özellikleri anlaşılabilir. Spektrumdaki her renk farklı bir dalga boyunu ifade eder. Kırmızı ışık en uzun dalga boyuna karşılık gelir, dolayısıyla en az enerjili fotonları ihtiva eder. En kısa dalga boylu ve en fazla enerjili fotonlar ise mor ışığa aittir. Kırmızı ucun gerisinde daha az enerjili kızılötesi, mor ucun ötesinde de daha fazla enerjili morötesi ışın bulunur. Kızılötesi bölgesinin daha gerisinde daha uzun dalga boyuna sahip radyo dalgaları, morötesinin daha ilerisinde de çok daha kısa dalga boylu x-ışınları yer alır. Spektrumun en sağ ucunda ise en fazla enerjili fotonlara ve en kısa dalga boyuna haiz gamma ışınları bulunmaktadır. Morötesi ışınlar, yazın Güneş altında insan tenini koyulaştıran ışıktır.

Spektrumun ortasındaki çok dar bir bölgede ise insan gözünün algıladığı 'görünen ışık' aralığı yer alır. Bu bölgenin sağ ve solundaki ışınımları insan gözü göremez. Beyaz ışık, görünen ışık aralığındaki bütün dalga boylarının bir karışımıdır. Gerçekte beyaz diye bir renk yoktur. Görülebilir ışığın farklı dalga boylarındaki dağılımları değişik renkleri gösterirken dalga boylarındaki farklar yok olup, dalga boyları eşit duruma gelince ışık beyaz görülür. Güneş'in ışığındaki dalga boyları eşit dağıldığından o bize beyaz görülür.

Bütün bu ışıma türleri atomların ısıtılmaları sonucu elektronlarının farklı enerji seviyeleri arasında gidip gelmeleri ile oluşur. Yüklü parçacıkların güçlü manyetik alanlar içindeki kütlesel hareketleri de bazı dalga türlerini meydana getirir. Ağır atomların içlerindeki etkileşimler, fisyon reaksiyonları, radyoaktivite olayları, x-ışınları, gamma ışınları gibi yüksek enerjili ve kısa dalga boylu ışımaları meydana getirirler.

Spektrum, azalan dalga boylarına göre radyo, TV, radar, mikrodalga, kızılötesi, görünen ışık, morötesi, x-ışınları ve gamma ışınlarını ihtiva eder. Spektrumdaki bütün ışımalar 10^{-16} ile 10^{9} metrelik bir mesafe içine yerleşmiştir. En uzun dalga boyuna sahip olan radyo dalgaları radyo yayınlarında, mikrodalgalar ise radar, mikrodalga fırınları gibi maksatlarda kullanılır. Kızılötesi ışıma atmosferin -23 derecelik sıcaklığında, insan gözünün görebildiği görünen ışık 6270 derecede, morötesi ışınlar 25.000 derecedeki sıcak yıldızlarda, gamma ışınları ise çok daha büyük sıcaklıklarda oluşan yıldızlardaki nükleer reaksiyonlardan kaynaklanır.

Elektromanyetik radyasyon türlerinin insan yaşamında çeşitli etkileri olmaktadır. Görünen ışık içlerinde en yararlısıdır. Fakat yoğunluğu yüksek olan görünen ışık gözün retina tabakasını tahrip edebilir. Morötesi ışınlar hemen etki yapmaz, fakat bir süre sonra insan cildinin yanıp koyu renk almasına

neden olur. Gözle görülmeyen morötesi veya ültraviyole ışınları fosforlu yüzeylerde ortaya çıkar. Görünen ışık kaynaklarının birçoğu bu ışınları üretebilir. Hücrelere zarar verebilen morötesi ışınlar bakterilerin öldürülmesinde veya sterilize işlerinde de kullanılmaktadır.

Morötesi ışınların dalga boyları kısaldıkça daha tehlikeli durum alırlar. X-ışınları ve gamma ışınlarının altında uzun bir süre kalan canlının kanser hücrelerine sahip olma riski bulunmaktadır. Mikrodalgalar beyne zarar verebilir. Yoğunluğu yüksek ışınların altında uzun süre kalan veya elektromanyetik alanların içinde bulunan insanların bu ışınlardan zarar görme riskleri daima mevcuttur.

Bir cismin yüzeyine gelen ışık ışınlarının bir kısmı yansır, bir kısmı cisim tarafından soğurulur ve bir kısmı da yüzeyden geçer gider. Bütün bunlar o cismin malzeme özelliklerine, yüzeyin kalitesine, geçirgenlik kabiliyetine ve rengine bağlıdır. Bir yüzeye gelen ışığın fotonları gerçekte yüzeye çarpıp geri sıçramazlar. Fotonlar yüzeyin içindeki elektronlarla çarpışır, elektronlar da fotonları yutup, yeni fotonları dışarı salar.

Işık, yüzeyi kaba olan cisimlere düştüğünde yüzeydeki kaba çıkıntılara çarparak bir çok farklı yöne farklı açılarda dağılır. Yüzeyi cilalanmış cisimlere geldiğinde ise, yüzeydeki çıkıntıların ince ve birbirine paralel olması nedeniyle, ışık ışınları belli bir yönde yansır. Bir yüzeye gelen ışın aynı düzlemde ilerler veya yansır. Yansıyan ışın yüzeye gelen ışınla aynı açıyı yapar. Yüzey, gelen ışına göre pozisyon değişikliği olmadan hangi açıda döndürülürse döndürülsün, yansıyan ışın, yüzeyin dönüş açışının iki katı kadar döner.

Bir cisimden düz bir aynaya düşen ışınlar aynı geliş açışında ve aynı düzlemde yansır. Aynaya bakan bir kimse gerçekte cismi görmez ve cismin aynanın arkasındaki görüntüsünü

görür. Ayna, cisimden çıkan ışınların içinden geçip gitmesine izin vermediğinden içeride hapsolmuş görüntüyü beyin algılar ve göz de görür. Cisimden aynaya gelen ışınlar gerçek olup, aynadan göze gelen ışınlar ise gerçek değildir.

Işık bir ortamdan daha yoğun başka bir ortama eğik bir şekilde girdiğinden yoğun ortam ışığın hızını azaltır ve ışık ışınları kırılır. Kırılmanın miktarı ortamın 'kırılma indeksi' denilen özelliğine bağlıdır. Boşluğun kırılma indeksi 1 olarak kabul edilir ve ışık bu ortamda 300.000 km/sn'lik son hızla yol alır. Yoğun ortamların kırılma indeksleri 1'den büyüktür. Yoğunluk arttıkça ışığın hızı da azalır ve kırılma açısı büyür. Işığın kırılma özelliklerinden faydalanılarak teleskop, mikroskop, mercek, projektör gibi tıbbi ve teknolojik cihazlar imal edilmektedir.

Her ışık demetinin bir enerjisi vardır. Işığı meydana getiren fotonların hareket halindeyken küçük de olsa bir kütleleri ve momentumları bulunur. Fotonlar, üzerine geldiği cisme bir kuvvet uygular. Havası boşaltılmış bir ortamda bu kuvvet ölçülebilir fakat günlük yaşamda hissedilemez. Saydam olmayan bir cisme çarpan fotonların enerjilerinin çoğu ısıya dönüşür. Cismin atomları fotonların enerjisini alarak daha hızlı titreşmeye başlarlar. İki ışık demeti buluştuğunda ışık dalgaları çakışır ve birbirlerini yok eder. Böyle çakışan iki ışık demetinin düşürüldüğü bir ekranı tamamen karanlık kılmak mümkün olabilir. Bu takdirde karanlık ekranda bir ısınma meydana gelir.

Renk olayı ilk defa 1666'da Newton tarafından incelenmiştir. Daha sonra İngiliz William Herschel prizmadan geçen ışığın çıkardığı renklerin sıcaklıklarını ölçtü. Spektrumun bir ucundaki mor ışık en düşük, öbür ucundaki kırmızı ışık ise daha büyük sıcaklıktaydı. Daha sonra mor ışığın daha berisindeki morötesi ışığın daha az sıcaklıkta olduğu keşfedildi.

Bir beyaz ışık prizmadan geçirilince arkasında farklı dalga boylarında bir renk yelpazesi oluşur. Gözün gördüğü bu renkler, kırmızı, portakal rengi, sarı, yeşil, mavi ve mordur. Gerçekte, hassas bir göz veya cihazlar bundan fazlasını da görebilir. Renklerin oluşmasına neden olan olay bu ışınların farklı dalga uzunluklarıdır. Dalga yüksekliği rengin yoğunluğunu belirler. Bir rengin yoğunluğu ise parlaklıktır.

Bir elektron bir yörüngeden diğerine geçince, özel miktarda ya bir enerji soğurur veya enerji çıkarır. Her atomun bu işi yaparken aldığı veya çıkardığı enerji miktarı farklı olur. Bir fotonun enerjisi ışığın dalga uzunluğuna ve bu da bir renge bağlı bulunduğundan, her atom sadece belli renkleri soğurur veya çıkarır. Belli bir rengi çıkaran bir atom, yine aynı rengi soğurur. Her atomun soğurduğu ve çıkardığı renkler farklıdır.

Spektroskopi bilimi ile renklerin incelenmesinden atomların cinsleri belirlenebilir. Dalga uzunluklarına bağlı olan ışık renklerinden kırmızı en uzun dalga boyuna, mavi ve mor ise en kısa dalga boyuna tekabül eder. Bu sıralama, aynı zamanda, enerji sıralamasını gösterir. Mavi ışık en enerjik, kırmızı ışık en az enerjik olandır. Bütün renklerin karışımı beyaz ışığı verir.

Bazı cisimler özel dalga boyundaki ışığı emer ve farklı dalga boyunda ışın çıkarır. Bazı parlak olanlar morötesi ışığı soğurarak özel renkte görünen ışık haline çevirir. Morötesi ışınlar görülemediğinden yoğunluğu anlaşılamaz. Bunlar bazı cisimlere yansıyınca cismin yüzeyi o renkte parlıyor gibi görülür. Işığın dalga boylarını değiştirerek elde edilen farklı renkler sanayide geniş olarak kullanılmaktadır.

Cisimler ışık çıkardıklarında, atomlarındaki elektronlar kuantum sıçramalarında bulunur. Dışarı çıkan radyasyon belli enerji ve dalga boylarında olur. Ve biz dışarı çıkan radyasyonu renkli görürüz. Atomların enerji çıkarmaları için ısıtılmaları gerekir. Bir cisim ışık soğurunca cismin atomları ışığın

enerjisini değişik şekillere sokar. Enerjinin bir kısmı kinetik enerji olur ve cismi ısıtır. Cisimler bizim görmüş olduğumuz renkleri soğurmazlar.

Her ne kadar doğadaki her cisim bize renkli olarak görülse de, onların renkleri yanıltıcıdır. Renkli görülen her cismin yüzeyi, bazı dalga boylarını emme ve bazılarını da yayma özelliğine sahiptir. Gözümüze kırmızı görünen cisim, görünen spektrumdaki kırmızının dışındaki bütün dalga boylarını soğurmaktadır. Kırmızı bandın dalgası soğurulmadığı için cisim bize kırmızı olarak görülür. Herhangi bir ışını yansıtmayan cisim ise siyah görülür. Işığın bulunmadığı bir yerde renklerin bir anlamı olamaz. İnsan gözünün görünen ışık bölgesindeki 7 farklı rengi görmesine karşılık, bazı hayvanlar, mesela bir baykuş kırmızı ışığın ötesindeki kızılötesi ışığı, bir arı morötesi ışığı da görebilir. Kedi ve köpekler ise siyah ve beyazın dışında başka bir renk göremezler.

Işık atom ve moleküllere çarpınca mavi ışık kırmızıdan daha çabuk dağılır. Güneş'in beyaz ışığı atmosfere girince mavi ışık, ışın demetinden ayrılır ve göğü mavi gösterir. Yeni doğmuş bir bebeğin gözlerinin mavi görülmesi de aynı sebepten ileri gelir. İlk birkaç ay içinde, bebeğin vücudunun henüz göz rengini verecek pigmentleri üretmesinden önce, yani gözün ırisi renksiz iken, ırisin malzemesi mavi ışığı yansıtır. Ve bebeğin gözü mavi görülür. Daha sonra gözü esas rengini alır.

Ses dalgalarının ileri veya geri yönde titreşimler halinde yayılmasına karşılık, ışık dalgaları bir elektromanyetik alanda enlemesine titreşimler gösterir. Işık dalgalarının titreşimi ilerleme yönünün sağ tarafında meydana gelir. İlerleme yönünün sağ tarafında sonsuz sayıdaki düzlemlerin herhangi birinde titreşen ışık dalgaları dar bir düzlem içine sıkıştırıldığı takdirde polarize haline gelir. İki polarize filtrenin arasından

geçen ışığın şiddeti yok edilebilir ve bu durumda ışık sönük görülür. Polarize camlarla imal edilen polaroid güneş gözlükleri içinde milyonlarca ufak kristalleri ihtiva eder ve bunlar ışık titreşimlerini tek bir dar düzlemde kontrol ederek ışığın parlaklığını azaltır.

Işığın başka bir özelliği de, birbirleriyle aynı boylarda yol alan dalgaları yakınlaştırmasıdır. Böylece birbirine sıkıştırılmış dalgalar aynı düzlemde polarize olur ve tek renkli bir 'laser ışını' haline gelir.

Moleküller ısıtılarak harekete geçirilince enerji soğurur ve tahrik durumuna geçerler. Normal durumlarına dönünce de dışarı enerji çıkarırlar. İçeri giren ve çıkan enerji seviyeleri bir fotonun enerjisine eşittir. Bu da 24 milyar MHz frekansında ve 1.25 cm boyunda bir elektromanyetik dalgaya tekabül eder. Bir kapalı hacimdeki gaz, ısı veya mikrodalga yolu ile etkilendiğinde, normal durumuna geçen tahrik edilmiş molekül miktarı tahrik olanlarla aynı sayıda olur ve gaz dengeli bir durumda kalır.

Amonyak moleküllerinde ise tahrik olanların sayısı olmayanlardan fazladır. Aynı frekansta titreşen bu moleküller yoğun bir mikrodalga ışını çıkarır. Amonyak moleküllerinin daha yüksek bir enerji seviyesine oturtulması halinde içeri giren bir mikrodalga ışını, moleküllerden benzer fotonların bir zincir reaksiyonu etkisi gibi, çıkmasına neden olur. İçeri giren bir foton, aynı ölçüde çığ gibi fotonlar çıkarır. Böylece 24 milyar MHz'lik frekans büyültmesi elde edilir.

Güçlü bir elektrostatik alanda bir ışın haline getirilen tahrik edilmiş hareketli amonyak molekülleri 24 milyar MHz frekansta titreşirler. Bu bir MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ışınıdır. Son derece hassas oranda titreşen moleküllerin oluşturduğu maser ışını, 10.000 yılda bir saniye hata yapan hassas saatlerde, radarlarda

ve birçok başka maksatlarda kullanılır. Amonyak'ın dışındaki diğer bazı malzemelerden de maser ışını elde edilmektedir.

Laser ise yüksek enerjili ışığın özel bir dalga hareketinden elde edilir. Her saniye aynı dalga boyu ve dalga yüksekliğinde yayılan iki normal ışık dalgası birbirinden biraz farklı zamanlarda başlatılırsa, sonunda birincinin tepe noktasına ikinci ışığın dip noktası rastlar. İki dalganın fazları farklı olur. Normal ışık kaynağında tahrik edilmiş atomlar ve moleküller farklı enerji seviyelerinde fotonlar çıkarırlar. Tahrik edilmenin kısa bir anında atoma belli bir dalga boyunda foton çarpınca atomdan dışarı, gelenle aynı yönde ve aynı enerjide, bir foton çıkar.

Malzemeye uygun bir şekilde yüksek enerji tatbik edilince atomlardan zincirleme foton çıkışı olur ve bu fotonlar belli bir dalga boyunda ışın oluşturur. Atoma yollanan fotonun dalga boyu, atomun çıkardığı fotonun dalga boyuna eşit kılındığında, meydana gelen ışının dalgalarının dalga dipleri ve tepeleri üst üste gelir ve birlikte yol alırlar. Bu durumda ışın tek ve tutarlı bir demet haline gelir. Bu yoğun ve tutarlı ışın LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)'dır. Laser ışınında ışık enerjisi kısa aralıklarda çok yoğun bir şekilde toplanmış olup bir noktaya fokus edildiğinde çok yüksek bir enerji elde edilir.

Sıvı, katı ve gaz malzemeler laser ışını elde etmekte kullanılabilir. Yakut elementi en yaygın olarak kullanılan malzemelerdendir. Laser ışını çok hassas uzaklık ölçümlerin de kullanılır ve Dünya ile Ay'ın arasını 1-2 cm hassasiyetle ölçebilir. Çok ince bir noktaya çok yoğun ve yüksek sıcaklıkta fokus edilebilen laser ışınları teknolojide, bilgisayarlarda, elektronik cihazlarda, tıp biliminde, imalat sanayiinde kullanılmaktadır.

Laser'in birçok tatbikatından birisi de üç boyutlu görüntü elde etmektedir. Üç boyutlu şekilde elde edilen görüntüye 'hologram', prosese de 'holografi' adı verilir. Holografide cisim, tutarlı ışık kaynağından çıkan ışınlarla aydınlatılır. Böyle bir kaynaktan yayılan bütün ışınlar tek bir frekansta ve aynı fazdadır. Cisimden çıkıp fotoğraf filmine gelmeden önce bütün ışınlar birbirine karıştırılır. Cismin değişik yerlerine çarpıp Yansıyan dalgalar, fotoğraf filmine ulaşmadan önce farklı uzunluklarda farklı dalga boylarında yol alır. Bu dalgalar kaynaktan direkt olarak cisme gelen dalgalarla karışır ve birbirini güçlendirir. Böylece iki takım ışının karışımı ile cismin girişim görüntüsü filim üzerine yansır.

Pratikte hologram elde etmek için önce laser ışını ikiye ayrılır. Bunlardan biri bir aynadan yansıtıldıktan sonra mercekten geçirilir ve eğik bir ışın demeti halinde fotoğraf filmine düşürülür. Diğeri bir mercekten geçirilerek demet halinde doğrudan cisme gönderilir. Cisme vuran bu ikinci ışın oradan dik olarak filmin üzerine yollanır. Cisim ile filim arasındaki aralıkta iki ışının demetleri birleşir ve bir girişim oluşturur. Filim üzerinde meydana gelen fotoğraf, cismin üç boyutlu görüntüsüdür. fotoğraf filmi, mercekten eğik olarak gelen birinci ışının açışına döndürüldüğünde cismin görüntüsü uzaydaymış gibi arkası dahil, üç boyutlu olarak görülür.

Kredi kartları üzerindeki görüntüler bu metotla imal edilmektedir. Holografik görüntünün üstüne düştüğü cam plaka kırılıp parçalarına ayrıldığı takdirde kırılan her parçanın üzerinde resmin tamamı yine üç boyutlu olarak görülür. Görüntüyü gösteren plakanın parçalarına ayrılmasıyla hologram görüntüsü parçalanmaz ve bütünlüğünü daima muhafaza eder.

Yeryüzünde bulunan ve mutlak sıfırın üzerindeki cisimlerin çıkardıkları elektromanyetik dalgaların oluşturdukları ve yedi renkli olarak gördüğümüz ışığın dışında, uzayın

derinliklerinden sonsuz sayıda ışın gelir. Bunlar çok farklı dalga boylarındadır ve biz bunlardan hiçbirini göremeyiz. Görebildiğimiz ışınlar sadece kırmızı ışıkla mor ışık arasında bulunan dar bir aralıktaki renklerdir. Bunların dışındaki dalga boylarındaki ışınları beyin hücreleri ret eder. Uzaydaki yıldızlardan gelen ve 'kozmik ışınlar' olarak adlandırılan ışın ve dalgalar ilerideki bölümlerde anlatılacaktır.

Kuantum Olayı

Günlük yaşamımızda bizi birçok farklı alanda etkileyen ve son 70 yıl içindeki teknolojik gelişmelere neden olan Kuantum Teorisi, insanlık tarihinin en büyük buluşlarının başında gelmektedir. Kuantum Teorisini matematik olmadan açıklamak ve anlamak zordur. Fakat, yaşamımızda çok önemli yer alan bu konu, yine de matematik kullanmadan tarihçesi, felsefesi ve deneyleri ile izah etmeye değer bulunmaktadır.

Kuantum Teorisi, atom ve atom altı parçacıklarıyla ilgilidir. Kuantum felsefesinin altında bu parçacıkların 'acayip' davranışları yatar. Parçacıkların hiç bir kurala ve formüle girmeyen davranışları bu teorinin temelini teşkil etmektedir. Doğa olaylarının açıklaması ancak bu teori ile yapılabilmektedir.

Kuantum, Latince'de 'çok fazla' veya 'paketler halinde' anlamını taşır. Kuantum mekaniği, atom altı dünyasında 'çok fazla şeyin hareketi' olarak da ifade edilebilir. Bu hareketler

parçacıkların kütle, elektrik yükü, enerji ve momentumlarıdır. Bir atomun içindeki mikro dünyada hiçbir şey düzgün ve devamlı değildir. Isı, ışık ve diğer bütün radyasyonlar küçük 'paketler' halinde yayılır ve bu paketlere 'kuanta' ismi verilir. Foton, ışığın bir kuantasıdır.

Çevremizde gözle görülen cisimlerin davranışları, 17'ci asırda Newton tarafından kurulan, klasik fizik ile kolayca tanımlanabilmektedir. Bir atom boyutundaki cisimlerin davranışlarının tanımlanmasında ise klasik fizik yetersiz kalmaktadır. Atom içindeki cisimlerin bu çok küçük mesafelerdeki davranışları ancak 'kuantum mekaniği' olarak adlandırılan yepyeni bir fizikle açıklanabilmektedir. Çünkü, parçacıkların böyle küçük boyutlardaki davranışları çok acayiptir. Kuantum mekaniği, çok küçük ölçekli mesafelerdeki olayların yanında, evrendeki çok büyük uzaklıklardaki olayları da izah eder. Atom bir kuantum cismidir ve o ancak kuantum fiziği ile anlaşılabilir.

Kuantum Teorisi ışığın tabiatının anlaşılma çalışmalarından ortaya çıktı. 17'ci asırda Newton, ışığın bir makinalı tüfekten çıkan kurşun yağmuru benzeri parçacıkların akışı şeklinde olduğunu ileri sürmüştü. 1803'de Thomas Young, parçacık fikrinin yanlış olduğunu ve ışığın yayılmasının bir dalga hareketi olduğunu belirtmişti. Young, bu durumu çift yarık deneyi ile de göstermişti. Young'ın teorisi 1905 yılına kadar geçerliliğini korumuştu.

1827 yılında İskoçyalı Robert Brown, su içinde bulunan ve bitkilerden gelen küçük polen taneciklerini mikroskop altında incelerken bunların durmadan hareket ettiklerini gördü. Brown, cansız olan bu taneciklerin durgun bir su içindeki devamlı ve düzensiz hareketlerinin kendilerinden kaynaklandığını sanmış ve gerçek nedenini anlayamamıştı. 1872'de istatistiksel fiziği kuran Avusturyalı Ludwig Boltzmann atomların varlığını ilk

öne sürenlerden biri olmuştu. 1897'de de J.J. Thomson yaptığı katot ışınları deneyi ile elektronu keşfetmişti.

1905 yılında Einstein, Annalen Der Physik mecmuasında dört makale yayınladı. Bunlardan biri 'Brownian hareketleri' ile ilgiliydi. Einstein, polen parçacıklarının kendiliğinden hareket etmediğini, bunların devamlı ve düzensiz hareketlerinin, kendilerine her taraftan çarpan su moleküllerinden ileri geldiğini öne sürdü. Ayrıca, parçacıkların sıvı içinde aldıkları mesafeleri istatistiksel olarak hesapladı. Einstein'ın bu çalışması atomların mevcudiyeti konusunda yapılan ilk deney oldu. Aynı durum bir kap içindeki gaz için de geçerliydi. Kap içinde bulunan bir gaz, düzensiz hareketlerle durmadan birbirleri ile çarpışan ve kabin duvarlarına çarpan molekül ve atomlardan oluşuyordu.

1900 yılında Max Planck 'siyah cisim' adı verilen bir deney yaptı. Karanlık odada görülemeyen bir metal çubuk ısıtılıp kızdırılınca çubuğun siyahlığı son bulur ve o kırmızı renkte görülür. Çubuk daha fazla ısıtılınca beyaz görülür ve bir renk spektrumu çıkarır. Planck, ısıtılmış bir çubuktan yayılan radyasyonun devamlı olmadığını, onların kesintili enerji paketleri halinde çıktığını ileri sürdü. Bu enerji paketleri atomlardı ve Planck bunlara 'kuanta' adını verdi.

Kuantalar belli bir minimum ölçünün üzerindeki boyuttaydılar. Paketlerin kesintilik miktarını h ile gösteren Planck bu değeri 6.6262×10^{-34} Joule$_x$sn olarak hesap etti. Bir enerji paketinin büyüklüğünü gösteren bu küçük sayı 'Planck sabiti' olarak tanındı. Çok küçük olmasına rağmen sıfırdan büyük olan h değeri siyah cismi meydana getiren kuantaların ölçüsünün ne kadar küçük olabileceğini ifade eder. h, eğer sıfır olsaydı, o zaman maddeyi oluşturan kuantaların boyutları sıfır ve her şey sürekli olurdu.

Planck'ın siyah cisim deneyi kuantum teorisini başlatan olay oldu. Bu teoriye göre, madde fark edilemeyecek kadar küçük kesintili kuantalardan meydana gelmiştir. Tek bir kuantanın miktarı sıcak cisimden çıkan radyasyonun dalga uzunluğuna bağlıdır. Dolayısıyla, kısa dalga boyundaki mavi ışık, uzun dalga boyundaki kırmızı ışıktan daha yüksek enerji paketine sahiptir.

Einstein, Planck'ın buluşunun önemini anlayan ilk insan oldu. 1905'de yayınladığı makalelerinden biri de 'fotoelektrik' etkiydi. Einstein, bazı parlak metallerin üzerine ışık geldiğinde metalden elektronların dışarı çıktığını buldu. Fotoelektrik adı verilen bu olay, ancak Planck'ın enerji paketleri iddiasının doğru olması halinde geçerli olacaktı. Metalin atomlarından elektronları koparıp dışarı çıkarmak için bir enerji gerekiyordu ve ışığın fotonları bu ısı yapıyordu.

Işık metale çarpınca metalde bir elektrik akımı oluşturur ve akımın şiddeti ışığın gücü ile değil, onun frekansı ile orantılı olur. Morötesi ışık negatif yüklü metale çarptığında metalin yükünü yok eder, görünen ışık ise metalde bir etki yapamaz. Einstein'a göre bunun sebebi, morötesi ışığın fotonlarının görünen ışığın fotonlarından daha enerjik olmasıydı ve görünen ışığın fotonlarında metalden bir elektron çıkarmaya yetecek enerji yoktu. Fotoelektrik etki ile ışığın parçacık karakteri ispat edilmiş oldu. Böylece, ışığın belli bir enerji seviyesinde ve özel dalga boyunda foton denilen enerji paketleri halinde yayıldığı anlaşılmış oldu.

Young ışığın dalgalar halinde yayıldığını, ondan 100 yıl sonra da Einstein, onun aynı zamanda parçacıklar olarak yol aldığını ispatlamıştı. Planck'ın siyah cisim teorisi, ondan beş yıl sonra da Einstein'ın fotoelektrik etkisi, ışığın kuanta denilen enerji paketlerinden oluştuğunu ispat etmişti. Bu iki buluş kuantum teorisinin doğmasına neden oldu. Işık için bulunan

kuantum olayının daha sonra bütün diğer atomik parçacıkları da kapsadığı anlaşılacaktı.

Kuantaların mevcudiyetinin anlaşılmasından önce klasik fizik sadece insan ve uzay boyutundaki olayları açıklayabiliyordu. Atomik boyutlardaki olaylar hakkında ise hiç bir şey bilinemiyordu. Planck sabiti boyutundaki nesnelerin davranışları gözden kaçıyor ve doğa olayları yorumlanamıyordu. Kuantaların varlığının keşfi maddenin yapısını da açıklığa kavuşturdu.

1911 yılında Rutherford atomun yapısını keşfetti. Buna göre, merkezde pozitif yüklü bir çekirdek ve onun etrafında değişik yörüngelerde durmadan dönen negatif yüklü elektronlar bulunuyordu. Elektronlar belli Kapalı yörüngelerde döndüğüne göre, o zamanki fiziğe dayanarak, bir süre sonra bunların spiral hareketlerle çekirdeğe düşmeleri ve atomun dağılması gerekirdi. Halbuki atom, kararlı bir cisim olup, dağılmıyordu. Klasik fizik elektronların çekirdekle çarpışıp, bir atomun yok olmasını izah edemiyordu.

Bu sualin cevabı Bohr'dan geldi. Bohr, 1913'de çekirdek etrafındaki her elektronun sadece belli yörüngede döndüğünü ve yörüngelerin kararlı olduğunu belirtti. Elektronların bir yörüngeden diğerine geçerken bir enerji kuantumu çıkardıklarını veya soğurduklarını ve foton denilen bu denge kuantası sayesinde elektronların çekirdeğe düşmediklerini veya atomun dışına çıkmadıklarını söyledi. Elektronların yörüngeler arasındaki geçişleri sırasında dışarı çıkan veya içeri giren fotonlar belli dalga uzunluklarına sahipti ve her bir dalga boyu da belli bir enerji seviyesine tekabül ediyordu.

Bohr, hidrojen gibi basit atomların elektronlarının yörüngeler arasındaki hareketleri sırasında çıkardıkları fotonların enerjilerini ve meydana gelen ışığın dalga boylarını hesapladı. Her atoma ait fotonların meydana getirdiği spektrum

çizgilerini açıkladı. Bohr'un buluşuyla, elektronların yörüngeler arasında asılı durmadıkları, bir yörüngeden ayrıldıktan sonra aradaki boşluğu geçip hemen diğer bir yörüngeye oturdukları, bu geçişleri sırasında ne alıp ne verdikleri ve her bir yörüngeye giren ve çıkan fotonların enerjileri anlaşılmış oldu. Bohr'un bu buluşu kuantum mekaniğinin gelişmesine neden oldu.

1924 yılında Fransız Louis De Broglie, birer parçacık olan elektronların yörüngelerdeki hareketleri sırasında dalgalar halinde davrandıklarını ileri sürdü. Işığın parçacığı olan bir foton nasıl hem parçacık hem de dalga karakterine sahip oluyorsa, elektronlar ve hatta diğer parçacıklar da aynı şekilde davranıyorlardı. Bu beklenmedik iddia o zamanın bilim dünyasında büyük bir sürpriz oldu. De Broglie'ye göre, dalgaların parçacık gibi davranmalarının yanında parçacıkların da dalga gibi davranmaları gerekirdi. De Broglie bu durumu matematiksel olarak ispat etti.

1927'de De Broglie'nin teorisi deneylerle teyit edildi ve ilerideki bölümlerde anlatılacak çift yarık deneyinde olduğu gibi elektronların, ışığın fotonları gibi, hem kırılan parçacıklar hem yayılan dalgalar halinde yol aldıkları anlaşıldı. Planck sabitinin küçüklüğünden dolayı gözden kaçan parçacıkların dalga davranışları sırasında meydana gelen dalgaların uzunlukları da çok küçük olmaktadır.

Klasik fiziğin hareket yasalarını bulan Newton'a karşılık, kuantum parçacıklarının hareket yasalarını da Schrödinger keşfetti. Schrödinger, bir potansiyel içinde hareket eden kuantum parçacıklarının dalga denklemlerini tanzim ederek, her dalga uzunluğunun belli bir elektron enerjisine tekabül ettiğini buldu.

De Broglie'nin teorisini geliştiren Avusturyalı Erwin Schrödinger 1926 yılında parçacıkların dalga denklemlerini çıkardı. Schrödinger'in hesaplarına göre elektronlar çekirdek

etrafındaki yörüngelerinde dalgalar halinde hareket ediyorlar ve bu davranışları yörüngeleri bulutumsu bir duruma getiriyordu. Elektronların oluşturduğu dalgalar durgun dalgalardı ve bir keman telinin çıkardığı belli frekanslardaki titreşimler gibi rezonanslar oluşturuyordu. Schrödinger'in öngördüğü bulutların yoğun olduğu yerlerde elektronun bulunma ihtimali, bulutun ince olduğu yerden daha fazlaydı. Fakat elektronun bulutun neresinde, ne hız ve enerji içinde bulunduğunu hesaplar tam olarak göstermiyordu.

Elektronların dalgalı davranışları onları yörünge bulutları arasında durmadan sıçratıyordu. Schrödinger'in dalga denklemleri, daha önce Bohr tarafından öngörülen elektronların yörüngeler arası enerji seviye hesapları ile tam olarak uyumluydu ve Rutherford zamanından beri ortaya atılmış atom teorilerini teyit ediyordu.

1925 yılında, konu üzerinde çalışan 24 yaşındaki Alman Werner Heisenberg atoma matris mekaniği ile yaklaştı ve elektronların davranışlarını yeni baştan ve farklı yoldan açıkladı. Hesapları Schrödinger'in denklemleri ile eşdeğerdi. 1927'de de 'belirsizlik prensibi' denilen bir teoriyi ortaya attı.

Belirsizlik prensibi kuantum dünyasına ait bir etkidir. Buna göre, elektron bir dalga halinde davrandığında onun parçacık görüntüsü yok olur, elektron bir parçacık olarak göründüğünde onun dalgasal görüntüsü yok olur. Dalga ve parçacık görüntüler hiç bir zaman bir arada olamaz. Belli bir zaman içinde bu görüntülerden sadece biri görülebilir.

Heisenberg'e göre, elektronun veya başka bir parçacığın yörüngesindeki hareketi sırasında belli bir anda, hem yeri ve hem hızı birlikte bilinemezse de, o an içinde bunlardan sadece biri bilinebilir ve diğeri belirsiz kalır. Parçacığın pozisyonu bulununca onun hızı etkilenmiş ve belirsiz hale gelmiş olur. Hızı ölçülünce parçacığın yeri değiştirilmiş olur. Aynı şekilde,

parçacığın belli bir andaki enerjisi ölçüldüğünde, ölçülen zaman belirsiz olur. Heisenberg'e göre bu belirsizlikler sadece atomik boyutlardaki parçacıklara ait bir özellikti. Heisenberg'in 1925 ve 1927'deki buluşları ile kuantum mekaniği kurulmuş oldu.

1926 yılında Alman Max Born, yine Alman olan 24 yaşındaki Ernst P. Jordan ile işbirliği yaparak kuantum mekaniğinin istatistiksel hesaplarını çıkardı. Born, elektronların konum ve hızlarının tam olarak bilinemeyeceğini, onların konum ve hızlarının bulunmasının sadece ihtimaller hesabı ile mümkün olabileceğini ileri sürdü. Parçacıkların dalga ve parçacık özellikleri birbirini tamamlayan durumlardı ve birlikte incelenmesi gerekiyordu. Bunlar tek tek incelendiğinde yetersiz kalınılıyordu. Parçacıkların bazen dalgalar halinde bazen de parçacıklar halinde davranmaları ve belli bir zaman içinde hem dalga hem de parçacık olarak davranmamaları yüzünden, davranışları ancak istatistiksel hesaplarla belirlenebilirdi. Born, parçacıkların durumlarının sadece ihtimaller hesabı ile tespit edilebileceğini belirtti. Bir parçacık uzayda her yerde bulunabilir ve ne zaman nerede olacağı bilinemezdi.

Bu sıralarda Hollandalı George Uhlenbeck ve Samuel Goudsmit, atom çekirdeği etrafında dolanan elektronların ayrıca kendi eksenleri etrafında da döndüklerini ileri sürdü ve bu dönüş hareketine 'spin' adını verdiler. Bohr'dan beri yapılan atomu çözme çalışmaları Avusturyalı Wolfgang Pauli'nin 'dışlama prensibini' bulmasıyla daha da ileri gitti. Pauli elektronların spin hareketini de kuantum mekaniğine dahil etti. Spin, parçacıkların açısal momentumlarının karşılığı olup, büyüklüğü Planck sabiti birimlerinde ölçülür. Yönü ise herhangi bir yön olabilir.

Pauli'ye göre, bir sistemde sadece tek bir elektron belli bir kuantum durumunda olabilirdi. Parçacıkların durumları, enerji

miktarı, pozisyonları ve spin'leri ile ifade ediliyordu ve spin'ler parçacığa göre değişen belirsiz değerlerdi. Bazı parçacıklar tam sayılarla ifade edilen spin değerine, bazıları ise kesirli sayılarla ifade edilen spin değerine sahipti. Atom çekirdeğine en yakın yörünge üzerinde bulunan bir elektron spin yönüne göre iki durumdan birinde olabiliyor ve bir yörüngede iki elektron birden yer alabiliyordu. Diğer yörüngelerde de limitli sayılarda durumlar bulunuyordu. Limitli durumlar yüzünden elektronlar yörüngeleri ancak belli durumlarda işgal edebiliyorlardı.

İngiliz Paul Dirac 1927'de, Schrödinger'den beri yapılan çalışmaları toparlayarak kuantum mekaniğinin prensiplerini güçlü denklemleriyle rayına oturttu. Dirac hesaplarında Einstein'ın 1905 yılında bulduğu özel relativite teorisini de öngördü ve Schrödinger'in denklemlerindeki eksiklikleri tamamladı. Pauli'nin denklemlerini de tamamlayan 23 yaşındaki Dirac'ın hesapları, negatif enerjili ve elektronla aynı kütledeki yeni bir parçacığı ortaya çıkardı. Dirac bu parçacığa 'antielektron' adını verdi. Bu yeni parçacık, elektronun aynısı, fakat ters yüke sahipti.

Antielektronlar 1932 yılında Amerikalı Carl Anderson tarafından deneylerde keşfedildi ve adına pozitif elektron anlamına gelen 'positron' dendi. Dirac daha sonra, protonların da karşıtının olması gerektiğini ileri sürdü ve antiprotonlar da 1955 yılında keşfedildi. Dirac'a kadar, temel parçacıkların sadece proton, nötron ve elektronlar olduğu sanılıyordu. Dirac'tan sonra bütün parçacıkların karşıtlarının da mevcut bulunduğu anlaşılmış oldu.

1900 yılında Planck ile başlayan Kuantum Teorisi, Einstein, Bohr, Sommerfeld ile devam etmiş, De Broglie, Schödinger, Heisenberg, Born, Jordan, Pauli ile gelişmiş ve Dirac'ın mükemmel hesapları ile son halini almıştı. Bütün bu bilim adamları teorilerini matematiksel hesaplarla yapmıştı. Henüz

hiçbiri bir atomu veya bir parçacığı görmemişti. Buluşlarının doğruluğu daha sonraki yıllarda geliştirilen özel makinalarda anlaşılacaktı.

İnsan gözünün göremediği kuantum dünyasındaki olaylara çeşitli yorumlar getirildi, olasılık hesapları sokuldu. 1900'den sonraki 30 yıl içinde geliştirilen bu garip fakat bilim dünyasının en harika teorisi sadece, dalga-parçacık ikileminden ileri gelen bir yorum üzerine dayanıyordu.

Kuantum teorisinin başlamasına öncülük yapan ve ona en büyük katkılarda bulunan Einstein, sonraları yorumlar, ihtimaller ve belirsizlikler üzerine kurulan bu acayip teorinin karşısına geçti ve onu eleştirdi. Einstein teoriyi eksik buldu, onun ihtimaller ve belirsizlikler üzerine oturmasını kabul etmedi ve itirazını Bohr'a, 'Tanrı evrenle zar atmaz' sözü ile dile getirdi. Bohr'un Einstein'a cevabı ise 'Albert, Tanrı'ya ne yapması gerektiğini söyleme' oldu.

Cisimlerin atomik boyutlardaki davranışlarını incelemek için birçok deney bulunmaktadır. Bunlardan en iyi anlaşılır olanı 'çift yarık' deneyidir. Çift yarık deneyinde parçacıkların kuantum mekaniği kapsamındaki 'esrarengiz' davranışları görülebilmektedir. Parçacıkların davranışlarındaki acayipliği henüz hiç kimse çözememiştir. Bu acayiplik doğaya ait bir sırdır.

Burada çift yarık deneyi, konunun kolay anlaşılabilmesi için, önce bir tüfekten çıkan kurşunlarla, sonra bir su üzerindeki dalgalarla ve daha sonra elektronlarla anlatılacaktır.

Kurşunlarla yapılan deneyde, her yöne aynı eşit hızlarda kurşun çıkaran bir makinalı tüfek, karşısında üzerinde iki paralel yarık bulunan bir çelik levha, levhanın arkasında da kurşunları içinde toplayan kutucuklardan oluşmuş bir detektör bulunur. Tüfekten çıkan kurşunların bir kısmı yarıklardan direkt

geçerek, bazıları da deliklerin yan duvarlarına çarpıp yansıyarak arkadaki detektörde toplanır.

Bir saat boyunca yapılan ateşleme sırasında, 2 nolu delik Kapalı iken, 1 nolu delikten geçip arkadaki kutucuklara giren kurşunların dağılımı K1 kolonundaki gibi olur. İkinci bir saat boyunca, bu sefer 1 nolu delik kapalı iken 2 nolu delikten geçip kutulara giren kurşunların dağılımı K2 kolonundaki gibi olur. Her iki delik açık iken, yine başka bir saat boyunca yapılan üçüncü bir ateşleme sırasında, her iki yarıktan geçip kutuların içinde toplanan kurşunların dağılımı ise K3 kolonundaki gibi olur.

RESİM (A)

K3 kolonundaki her kutudaki kurşunların miktarı, K1 ve K2 kolonundaki kutulardakinin toplamıdır. Fakat, her iki yarık açıkken bu yarıklardan geçip K3 kolonundaki kutularda toplanan kurşunların hangi delikten geçip buraya nasıl bir sıra içinde toplandığı şansa kalmıştır. Bunların K3 kutularındaki sıralanmaları bilinemez. Bilinen, K3 kolonundaki kutulardaki kurşunların miktarı, K1 ve K2 kutularındaki kurşunların toplamıdır. Bu deney sonucunda bir girişim yoktur. K1 ve K2 kolonlarında biriken kurşunların sıralanmalarının oluşturduğu eğrilerin toplamı, K3 kolonundaki kurşun sıralanmasının oluşturduğu eğriye eşdeğer olur.

Aynı deney şimdi su dalgaları ile yapılacaktır. Su dolu bir havuzun yüzeyine, üzerinde iki tane ince birbirine paralel açılmış yarık bulunan bir ekran ve onun arkasında da, su dalgalarına göre hareket eden küçük şamandıralar yerleştirilir. Dalgalar çarptıkça şamandıralar aşağı yukarı hareket ederler ve hareketlerinden şamandıralara çarpan dalganın o pozisyondaki enerjisi ölçülebilir. Bu durumda, ekranın önündeki suya bir taş bırakılır. Taşın oluşturduğu su dalgaları ekrandaki yarıklardan geçerek dalga tepeleri arkadaki şamandıraları hareket ettirir.

Resim (B)

2 nolu delik kapalı iken, 1 nolu delikten geçip şamandıralara çarpan su dalgalarının tepe noktalarının enerjilerinin göstermiş olduğu dağılım S1 kolonundaki gibi olur. Bu dağılımdaki en yüksek değere sahip dalgalar 1 nolu yarığın karşısındaki şamandıralara rastlar. Dalgaların yoğunluğu yukarıdaki şamandıralara doğru yavaş olarak azalır, fakat aşağıdakilere doğru dalga yoğunluğu hızla azalır.

1 nolu delik kapalı ve 2 nolu delik açıkken, yayılan su dalgaları S2 kolonundaki gibi olur. Bu, bir öncekinin tersidir. Her iki yarık açıkken 1 ve 2 nolu deliklerden geçip şamandıralara çarpan su dalgalarının enerjileri ise S3 kolonundaki eğri gibi görülür. S1 kolonundaki dağılımın kurşun deneyindeki K1 kolonundaki dağılıma, S2 kolonundaki dağılımın da K2 kolonundaki dağılıma çok benzemesine karşılık, S3 kolonundaki dağılım kurşun deneyindeki K3 kolonu dağılımına hiç benzemez. Ayrıca, S1 ve S2 kolonlarındaki dağılım eğrilerinin toplamı S3 kolonundaki eğriyi vermez.

Bu deneyde, su dalgaları ekran ile şamandıralar arasında bir girişim yapmaktadır. Elle tutulur birer cisim olan kurşunların bir girişim oluşturmamalarına karşılık su dalgaları girişim meydana getirmektedir. Thomas Young'ın 1803 yılında elle tutulamayan ışıkla yaptığı çift yarık deneyinde de ışık dalgalarının çıkardığı bir girişim görülmüş ve bu yüzden Young ışığın dalgalar halinde yol aldığını ileri sürmüştü. Fakat Young bir hata yapıyordu ve ışığı meydana getiren fotonların, günlük yaşamımızdaki elle tutulur cisimlerden farklı olduğunu bilmiyordu.

Şimdi de aynı deney, birer atom içi parçacık olan elektronlarla yapılacaktır. Bu deneyde, içinde elektron oluşturan ısıtılmış tel ve onları hızlandıran elektrik potansiyeli bulunan bir elektron tabancası, onun önünde yine çift yarıklı ince bir metal plaka ve arkasında da elektronları toplayan bir

detektör ekran kullanılır. Detektör ekran fosforla kaplanmış olup her elektron çarpmasında parlak bir ışık vermektedir. Elektron tabancasından çıkan elektronlar dalgalar halinde yayılarak ekrana gelir, deliklerden geçtikten sonra yine dalgalar halinde yol almaya devam ederler. 'Dalgalar' halinde yayılan elektronlar, daha sonra kurşunlar gibi 'tanecikler' halinde detektöre çarpar.

2 nolu delik kapalı iken, 1'ci delikten geçip detektöre çarpan elektronlar E1 kolonundaki şekilde bir dağılım gösterir. 1 nolu delik kapalı iken 2'ci delikten geçenler ise E2 kolonundaki gibi bir dağılım gösterir. Bu dağılımlar kurşun deneyindeki dağılımlarla aynıdır. Her iki delik açık iken, geçen elektronların dağılımı ise E3 kolonundaki gibi olur. E3 kolonundaki dağılım su dalgaları deneyinin S3 kolonundaki dağılımla eşdeğerdir. E3 kolonundaki dağılım E1 ve E2'nin toplamı değildir ve hangi elektronun hangi delikten geçerek E3 dağılımını oluşturduğu söylenemez.

E3 kolonunun her sırasındaki elektronların sıralanması, kurşun deneyinin aksine, belli olamaz. E1 ve E2 kolonlarındaki elektronların sayıları eşittir, dağılım şekilleri de aynıdır. E3'deki elektron sayısı, E1 ve E2'deki elektronların toplamından çok farklıdır. E3'deki elektronların gösterdiği eğri ise sadece su dalgalarının çıkardığı eğriye benzer.

RESİM (C)

Elektronların ekran ve detektör arasındaki hareketleri, su dalgalarında olduğu gibi, bir girişim meydana getirir. Fakat, detektöre gelen elektronlar, kurşun gibi birer parçacık olarak çarpar. Deliklerden biri açıkken geçen elektronların kurşunlarda olduğu gibi üniform bir şekilde sıralanmış dağılım göstermelerine karşılık, her iki delikten geçen elektronların girişimin fazla olduğu bölgelere rastlayan detektörde en çok, girişimin zayıf olduğu yerlerde ise en az sayıda toplandığı görülür. Sanki, elektronlar tüfekten 'parçacıklar' olarak çıkmış, 'dalgalar' halinde yol almış ve detektöre yine 'parçacıklar' olarak ulaşmıştır. Yani, yarı yolda elektronlar dalgalar gibi girişim gösterir ve kurşunlar gibi parçacıklar halinde ulaşırlar.

Buradan çıkan sonuç, kuantum cisimlerinin bazen bir 'dalga' gibi bazen de bir 'parçacık' gibi davrandıklarıdır. Kuantum nesnelerinin neden hem dalga hem de parçacıklar halinde davrandıkları, neden daima bunlardan biri gibi davranmadıkları kuantum mekaniğinin 'temel' sırrıdır. Bunun sebebi bilinmemektedir. Kuantum parçacıkları böyle ikili davranışa neden sahiptir, neden sadece kurşunlar veya su dalgaları gibi tek karakterde davranmazlar? Şu ana kadar hiç kimse bunların nedenini bulamamıştır. Bu, doğanın, atom altı parçacıklara tahsis ettiği bir özellik olup, daima harika bir 'sır' olarak kalacaktır.

Bir bilardo oyununda, birbirine çarparak hareket eden her topun çarpışmadan sonra izleyeceği yol hesap edilebilir. Kuantum parçacıkları ile oynanacak bilardo oyununda ise parçacıkların izleyecekleri yollar ve gidecekleri yönler belli olmaz ve işin içine bir 'belirsizlik' girer. Kuantum mekaniğinde ölçüm ve gözlemler ne kadar hassas yapılırsa yapılsın, ölçümün daima bir sınırı vardır. Elektron deneyinde elektronların dalga enerjileri ve yoğunlukları ihtimal sayısı ile gösterilebilir ve bir elektronun detektörün neresine geleceği sadece önceden tahmin

edilebilir. Kurşun deneyinde ise, tabancadan çıkan kurşunların hangi delikten geçtiği, çıkış hareket çizgisi takip edilerek söylenebilir.

Şimdi, elektron deneyindeki çift delikli ekranın arkasına bir ışık kaynağı koyalım. Işık kaynağından çıkan fotonları yarıklardan geçen her elektronla çarpıştıralım. Böylece geçen elektronların hangi yarıktan geçtiğini bulmaya çalışalım. Işık kaynağından çıkan fotonlar elektronlarla çarpışınca onları etkileyecek ve yönlerini değiştirecektir.

Yarıklardan biri açık diğeri kapalı iken, herhangi tek bir delikten geçen elektronların arkadaki fosforlu detektördeki dağılımları, daha önceki elektron deneyindeki dağılımın aynısı olur. Her iki delik açık iken, deliklerden geçerken fotonların çarptığı elektronların meydana getirdiği dağılım ise bir öncekinden tamamen farklıdır. Ekranla detektör arasındaki elektron dalgalarının meydana getirdiği girişim yok olmuştur. Elektronlara çarpan fotonlar girişimi bozmuştur. Şimdi elektronlar kurşunlar gibi davranmışlar ve hangi elektronun hangi yarıktan geçtiği belli olmuştur. Her iki yarık açıkken geçen elektronların detektördeki dağılımları ve sıralanması aynen kurşun deneyindeki gibi olmuş ve elektronların sayısı, tek delikten geçen elektronların sayılarının toplamına eşit hale gelmiştir.

RESİM (D)

Ekranın arkasındaki ışık kaynağı kapatılınca, dağılımlar yine bir önceki elektron deneyindekine dönüşür, bir girişim meydana

gelir ve son kolondaki elektron dağılım ve sıralanması belirsizleşir. Bu paradoksun sebebi ışığın kuantum tabiatına sahip bulunmasıdır.

Fotoelektrik etkide görüldüğü gibi, ışık bir madde ile temas edince parçacık davranışı gösterir ve elektronlar gibi o da, enerji paketleri olan fotonlar halinde yol alır. Bir cismi veya yukarıdaki deneylerde yer alan bir elektronu görebilmek için o cisme bir fotonun çarpması gerekir.

Işık kaynağından çıkan bir ışık ışını deliklerden geçen kurşunların üzerine yollanırsa, bir değişiklik olmaz, çünkü fotonlar kendilerinden çok büyük kütledeki kurşunları etkileyemez. Fotonlar, kendilerine benzer kütleye sahip elektronları ise etkiler ve onların hareket doğrultularını değiştirir. Bu etki, elektronların oluşturdukları girişimi bozmaya ve son kolondaki karışık dağılımı düzeltmeye yeterlidir.

Işık kaynağının gücü azaltılır ve elektronların üzerine daha az sayıda foton gönderildiği takdirde, elektronlar tekrar bir girişim oluşturur ve kolon üzerinde karmaşık bir sıralanma ve dağılım gösterir. Çünkü azaltılan ışık kaynağından çok az sayıda foton çıkar, az sayıdaki foton çok az miktarda elektrona çarpar ve elektronların geri kalan büyük kısmı, yine hangi delikten geçtiği görülmeden bir girişim meydana getirir.

Kuantum mekaniği kurnazlık ve sır dolu bir teoridir. Bir elektronun hangi yarıktan geçtiğini 'gözlemleme' olayı o elektronun detektör ekranında çıkardığı dağılım biçimini tamamen değiştirmektedir. Bu sonuç, kuantum mekaniğinin en genel prensibi olup Heisenberg tarafından keşfedilmiştir. Heisenberg, kuantum mekaniği yasalarının, deney ölçümlerinin hassasiyetlerinde temel sınırlamalarının bulunduğunu ileri sürmüştür.

Günlük yaşamımızda kullanılan deney aletlerinin deney sonuçlarına verdiği etkiler hissedilemez. Kuantum dünyasında ise bu böyle değildir. Enerji paketleri halinde çıkan ışık fotonlarının kuantum nesnelerine yaptığı etki ise yok edilemez. Bütün kuantum parçacıkları için bu durum geçerli bulunmaktadır. Heisenberg tarafından bulunan bu etkiye 'belirsizlik prensibi' adı verilir.

1900 yılında yapılan siyah cisim ışıması deneyinde Planck, ışığın kuantası olan bir fotonun enerjisinin frekansına bağlı bulunduğunu bulmuş ve bu olayı E=hf formülü ile göstermişti. E'nin fotonun enerjisi, f'nin fotonun çıkardığı dalganın frekansı olmasına karşılık, h çok küçük bir sayı ile ifade edilen bir sabit olup, fotoelektrik etki deneyinde ölçülebilmektedir. Fotonun dalga uzunluğu kısa olduğundan, parçacıkların pozisyonlarının ölçümlerinde kullanılır. Frekans arttıkça dalganın boyu da kısalacaktır. E=hf formülü kuantum mekaniğinin temel formülü olup bir kuantanın enerjisini gösterir. Ve, bütün enerjinin gözle görülemeyecek kadar küçük paketler halinde yayıldığını belirtir.

Bir kuantum parçacığının yerini, yani pozisyonunu ve hızını yani, momentumunu (momentum, cisimlerin hızlarıyla kütlelerinin çarpımından elde edilen değer olup, aynı hızda yol alan iki cisimden kütlesi daha büyük olan daha fazla momentuma sahiptir) ölçmek için yapılacak bütün deneylerde daima bir minimum belirsizlik bulunur. Bu belirsizlik ya pozisyonda yada momentumda ortaya çıkar. Belirsizliğin hangisinde olacağı yapılan ölçüme bağlıdır.

Pozisyon ve momentumun ikisi birden tam bir hassasiyetle asla ölçülemez. Parçacığın pozisyonunu hassas olarak ölçebilmek için ona yüksek frekansta ve kısa dalga boyunda bir ışık göndermek gerekir. Yüksek frekanslı ışığın fotonları büyük bir enerji ile parçacığa çarpar ve onu iterek pozisyonunu

değiştirir. Momentumun hassas olarak ölçülmesi istendiğinde ise parçacığı çok küçük bir foton enerjisi ile itmek gerekir. Bu durumda düşük frekanslı ışık göndermek şarttır. Düşük frekanslı ışığın dalga boyu uzun olur ve o da pozisyonu tekrar bozar.

Heisenberg, 'pozisyondaki belirsizliğin momentumdaki belirsizlikle çarpımının Planck sabitine eşit' olacağını ve ondan daha küçük olamayacağını buldu. Planck sabiti ise, bir elektron-Volt saniyenin 1000 defa trilyonda biri gibi son derece küçük bir değerdir.

Heisenberg'in belirsizlik formülüne göre, pozisyondaki belirsizlik küçültülürse, momentumdaki belirsizlik onunla birlikte azalmaz. Momentumdaki belirsizlik küçültülünce, pozisyondaki belirsizlik de azalmaz. Her ikisi birden küçültülürse durum Heisenberg'in formülüne aykırı olur. Zira formül, her iki belirsizliğin değerlerinin çarpımının Planck sabitine eşit olacağını belirtir. Planck sabitinin çok küçük bir değer olması nedeniyle, günlük yaşamdaki olaylarda, kurşun deneyinde veya bilardo oyunundaki belirsizlikler hissedilemez.

Bir çukur yolun en dip noktasında duran bir arabaya herhangi bir itme veya çekme etkisi tatbik edilmezse, klasik fiziğe göre, araba o noktada sonsuza kadar sabit kalır. Çukur yola benzeyen bir elektrik alanı içinde bulunan bir parçacık ise, örneğin bir elektron, kuantum fiziğine göre alanın en dip noktasında asla sabit durmaz. Eğer dursaydı o zaman, parçacığın pozisyonunun ve momentumunun birlikte bilinmesi mümkün olurdu. Heisenberg'in belirsizlik prensibine göre, elektron bu çukur bölgede durmadan ileri geri hareket edip durur ve asla yerinde sabit kalmaz.

Günlük yaşamdaki cisimlerin dalga uzunlukları, De Broglie'ye göre son derece küçüktür. Belli bir momentumla yol alan cisimlerin dalga boyları, 'Planck sabitinin o cisimlerin

momentumlarına bölümüne' eşittir. Gözle görülen cisimlerin momentumları, Planck sabitinden o kadar büyüktür ki, onların dalga boylarını tespit etmek imkansızdır. Cismin momentumu arttıkça dalga boyu kısalır. Bir kurşunun dalga boyunu ve çıkardığı girişimi gösterecek bir deney yapmak mümkün olamaz.

Eğer, Planck sabiti olduğundan daha büyük olsaydı, etrafımızdaki cisimler görüldüklerinden çok farklı görülürlerdi. Eğer Planck sabiti sıfır olsaydı, o zaman hem pozisyondaki hem momentumdaki belirsizlikler sıfır olurdu ve pozisyon ve momentumun ikisi birden aynı anda tam olarak ölçülebilirdi. Bu takdirde atomik ölçülerdeki nesneler mevcut olamazdı ve doğadaki her şey klasik fizikle izah edilebilirdi. Bu yüzden, Planck sabitinin değeri son derece küçük bir sayıdır, fakat asla sıfır değildir.

Çift yarık deneyinde görüldüğü gibi, parçacıkların ne yapacağı nereye gideceği belli olmaz. Her bir parçacığın ne yapacağının ancak ihtimali belirtilebilir. Schrödinger, bu ihtimalin dalga denklemlerini çıkarmıştır. Schrödinger denklemleriyle bir parçacığın bulunması gereken yer ihtimal olarak bulunabilir. Bir elektronun atom çekirdeği etrafındaki yeri de bu yolla hesap edilebilir. Elektronların dalgasal hareketleri çekirdek etrafındaki elektron bulutlarını oluşturur. Bu dalgasal davranış, atomun bir keman telinin titreşmesine benzer şekilde belli bir frekansta titreşmesine neden olur.

Schrödinger'in dalga mekaniği denklemleri ile Heisenberg'in matris mekaniği denklemleri Dirac tarafından birleştirilmiştir. Dirac, bu iki hesap metodunun aynı teorinin iki farklı yoldan açıklaması olduğunu belirterek kuantum mekaniğinin çok daha güçlü matematiksel formüllerini tanzim etmiştir. Bu sıralarda parçacıkların dönüşlerinin de anlaşılmasıyla yeni denklemlere spin hareketi de dahil

edilmiştir. Bohr tarafından başlatılan kuantum teorisi yorumu da Max Born tarafından geliştirilmiştir.

Bohr ile başlayan yorumda, parçacıkların görünüşleri onlara 'hangi gözle' bakıldığına bağlıydı. Bir parçacık, parçacık olarak görülmek istendiğinde, o parçacığın bir parçacık olarak davranması sağlanır ve o, dalga özelliklerinden uzaklaşır. Parçacığın dalga özellikleri görülmek istendiğinde, o parçacığın bu defa dalgasal davranışı sağlanır ve parçacık, parçacık davranışından uzaklaşır. Born ise parçacıkların ancak ihtimal dalgaları halinde olduğunu ve istatistiksel olarak düşünülebileceği yorumunu getirdi. Born'a göre, kuantum mekaniğinde, olayların dalga yüksekliklerinin toplamının karesi alınır. Toplamın karesi, karelerin toplamı değildir.

1900 yılında Planck'ın siyah cisim deneyi ile başlayan kuantum mekaniği 1930'larda tamamlanınca atomun yapısı da anlaşılmış oldu. Kuantum fiziğinin çıkması ile klasik fizik önemini kaybetti. Çünkü, klasik fizik sadece günlük yaşamdaki gözle görülür elle tutulur cisimlerin davranışlarını açıklayabiliyor ve atom boyutlarına inemiyordu. Klasik fizikte, ölçüm aletlerinin ölçüm sonuçlarına yaptığı etki göz ardı edilebilir ve sonucu değiştirmezdi.

Klasik fizik açışından fotonlar ve elektronlar çok farklı tip cisimler gibi görülür. Kuantum fiziğinde ise fotonlar, elektronlar ve diğer bütün parçacıklar aynı acayip kuantum yasaları içinde davranırlar. Kuantum fiziğinde, cisimlerin davranışlarını istenilen hassasiyette ölçmek ve onları tanımlamak mümkün olamaz. Kuantum teorisinin yasaları klasik fizik yasalarından çok farklıdır. Parçacıkların dalga özellikleri, dalgaların da parçacık özelliklerine sahip bulunması nesnelerin ne zaman nasıl davranacaklarının asla bilinememesi, istenilen hassasiyette ölçümün yapılamaması, doğanın gözle

görülemeyecek kadar küçük bu kuantum nesnelerine verdiği bir özelliktir.

1897'de J.J. Thomson elektronu bir parçacık olarak keşfetmişti. Ondan 30 yıl sonra oğlu G.P. Thomson yaptığı başarılı bir deneyle, elektronun aynı zamanda bir dalga hareketi olduğunu buldu. Babanın, elektronun parçacık karakterinden dolayı kazandığı Nobel ödülüne karşılık oğlu Nobel ödülünü, aynı nesnenin dalga karakterinden dolayı almış oldu.

Önceleri tarihle ilgilenen ve fizik bilimine daha sonraları başlayan Prens Louis De Broglie doktora tezinde bütün parçacıkların dalga karakterine sahip bulunduğunu belirtmişti. Bu devrimsel düşünce, tezi inceleyen profesörler komitesini çok şaşırttı ve komite ne yapılacağını bilemedi. Komite başkanı, o zamanların önde gelen bilim adamlarından Langevin, De Broglie'nin tezini, fikrini belirtmesi için, Einstein'a gönderdi. Einstein, De Broglie'nin düşüncesinden etkilenerek pozitif fikir beyan etti. Bunun üzerine komite tezi kabul ederek De Broglie'nin doktorasını onayladı. Bundan birkaç yıl sonra da, De Broglie'nin teorisi Thomson tarafından deneyle teyit edilmiş oldu.

Kuantum mekaniğinin diğer bir büyük ismi Amerikalı Richard Feynman'dır. Kuantum parçacıklarının takip ettikleri izleri inceleyen Feynman, modern kuantum teorisinin çıkmasına yardımcı oldu. Bu arada Heisenberg, Schrödinger gibi bilim adamlarınca başlatılan, ışıkla elektronların etkileşimini izah eden Kuantum Elektrodinamiği olarak adlandırılan bilim dalının geliştirilmesini sağladı ve diyagramlarını buldu. 'Kuantum Elektrodinamiği' ilerdeki bölümlerde yer alacaktır.

Cisimlerin parçacık ve dalga karakterlerinden ikisine birden sahip bulunmalarının en fazla kullanım alanlarından birisi elektron mikroskopları olmaktadır. Elektronlar, elektrik ve

manyetik alanların birlikte tanzimi ile, ışığın optik cihazlarda gördüğü işi görürler. Bir cismi görebilmek için ona gönderilecek ışık dalga boyunun, o cisimden daha küçük olması gerekir. Kuantum dünyasında bir elektronu gözleyebilmek için onun üzerine en fazla elektron büyüklüğünde başka bir cismi göndermek şarttır. Dalga boyu küçüldükçe görülebilecek cismin ölçüsü de küçülür.

Optik mikroskoplar, ışığın dalga boyundan daha küçük cisimleri gösteremezler. Bunlar, en fazla metrenin bir milyonda biri kadar olan cisimlerdir. De Broglie'nin denklemine göre, bir elektronun dalga boyu onun momentumuna bağlıdır. Momentum yükseltildikçe dalga boyu kısalır. Elektronlar hızlandırıldıkça onların momentumları yükseltilir ve dalga boyları da kısaltılabilir.

Elektron mikroskoplarında foton yerine mıknatıslar arasında hızlandırılmış elektronlar kullanılarak, ışığınkinden daha kısa dalga boyları elde edilir. Elektronları daha fazla hızlandırarak daha kısa dalga boyları sağlanır ve daha küçük cisimlerin görülmeleri mümkün olur. Böylece ışıktan daha kısa dalga boylarına sahip bulunduklarından ve elektronların dalgalar halinde davranması özelliğinden faydalanılarak bir elektron ışını ile çok daha küçük cisimleri gözlemek mümkün olur. Bir elektron mikroskobunda ışık, dalga boyunun milyonda birine indirgenerek, bir atomun görülmesi sağlanabilir.

Kuantum mekaniği insan yaşamının bir parçası olmuştur. Bugünün yüksek teknolojisi onun sayesinde meydana gelmiştir. Kuantum teorisi atomun iç yapısının tam olarak anlaşılmasına olanak sağlamış ve bilimdeki her şey ondan sonra bir roket hızı ile gelişmiştir. Bilim tarihinin en büyük teorilerinden biri olan kuantum fiziğinin önemli başarılarından biri de farklı türdeki cisimler içinden geçen elektriğin izahıdır.

Elektrik akımı elektronların akışıdır. Kuantum mekaniği kanalı ile metallerin, yalıtkanların ve yarı iletkenlerin farklı yapıları anlaşılmaktadır. Bakır gibi iyi bir geçirgende telin farklı elektrik potansiyellerinde akımı ileten birçok elektron bulunur. Cam gibi bir yalıtkanda ise geçirgen elektronların bulunmayışından dolayı akım ilerleyemez. Bunların dışında, elektrik akımını yalıtkanlardan daha iyi fakat metallerden daha az ileten üçüncü tür cisimler vardır ki bunlara 'yarı iletkenler' adı verilir. Silikon bunlara bir örnektir.

Elektronların enerji seviyeleri arasındaki etkileşimlerin anlaşılması üzerine 1947'de ilk transistor imal edildi. Transfer-resistör sözcüklerinin kısaltılmışı olan transistorun bulunması bilgisayar fikrinin doğmasına neden oldu. 1952'de, silikon ihtiva eden ilk ilkel solid-circuit üretildi. 1959'da silikon çiplerden yapılmış integrated-circuit imal edildi. 1962'de de bilgisayarların karar verme ünitesi olan logic-chip üretildi. Chip ve transistor tekniği bunu takip eden yıllarda geliştirildi. 1968'de integrated-chip'in yerini alan programlanabilir microprocessor-chip imal edildi.

1971'de satılan ilk mikroprocessor, 2000 adet transistörü kapsıyordu. Bugünün mikroprocessor'lerinde milyonlarca transistör bulunmaktadır. Bugünün en hızlı süper bilgisayarından 1000 defa daha hızlı çalışabilecek transputer (transistor ve computer) multi-computer'leri planlamaktadır. Transputer bir VLSI (Very Large Scale Integration) chip olup, 1 cm^{2}'lik bir silikon yüzeyi üzerinde 250.000 adet parçayı taşımaktadır. Bütün bu gelişmeler kuantum mekaniğinin sağladığı imkanlar sayesinde olmaktadır.

Kuantum parçacıkları 'kuantum tüneli' adı verilen ayrı bir özelliğe de sahiptirler. İki tarafı tepe, ortası çukur bir çelik ray üzerinde bulunan bir paten, birinci tepenin üstündeki sıfır hareketsiz noktadan giderek artan bir hızla aşağı doğru iner ve

en alt noktada en büyük hıza erişir. Paten ikinci tepenin en üst noktasına ulaşınca hızı yine sıfır olur. Birinci tepenin üst noktasında patenin kinetik enerjisi sıfır, potansiyel enerjisi ise maksimumdur. Paten birinci tepeden aşağı doğru inerken potansiyel, yani gravitasyon enerjisi kinetik enerjiye dönüşür, en alt noktada gravitasyon enerjisi sıfır, hız ve kinetik enerjisi ise maksimum olur. En dip noktadan ikinci tepeye doğru çıkarken patenin kinetik enerjisi gravitasyonel, yani potansiyel enerjiye dönüşerek, ikinci tepenin en üst noktasında potansiyel enerji tekrar maksimum, kinetik enerji de sıfır olur.

Çelik ray yolun her noktasında kinetik ve potansiyel enerjiler birbirine dönüşür. Toplam enerji, her noktadaki kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamıdır. Toplam enerji yolun her noktasında aynı olup, sadece şekilleri farklıdır. Sürtünme faktörü ihmal edildiği takdirde paten ikinci tepede, birincide bulunduğu yüksekliğe kadar çıkar. Patenin bu hareketi enerjinin korunumu yasasına bağlıdır. İki tepe arasındaki hareketi sırasında paten, ikinci tepenin diğer tarafına asla geçemez ve başlangıç yüksekliğine eşit bir noktaya ulaşınca orada durur.

Kuantum parçacıkları arasında da enerjinin korunumu yasası geçerli bulunmaktadır. Elektronlarla yapılan bir deneyde de enerji bir türden diğer bir türe aktarılır. Kuantum nesnelerinde oluşan potansiyel enerji, yükseklik farkının oluşturduğu gravitasyon kuvvetinden değil de, elektriksel potansiyel enerjiden ileri gelir. Negatif yüklü elektronlar pozitif yüklü alanlara çekilir. Bu hareketleri sırasında elektronların kinetik ve potansiyel enerjileri arasında, paten deneyinde olduğu gibi, aktarımlar meydana gelir.

Paten deneyinde, patenin ikinci tepenin diğer tarafına geçememesine karşılık, kuantum nesneleri bu kaideye uymazlar. Elektron, birinci tepenin en üst noktasından iner, dip

noktayı geçer, ikinci tepenin en üst noktasına ulaşır, ondan sonra da ikinci tepenin diğer tarafına geçer. Bu durum, parçacıklara ait bir özelliktir. Ve, buna 'kuantum tüneli' denir.

Bu olay bir çok modern elektronik sanayi cihazlarının esasını teşkil eder. Elektronların bu özellikleri kullanılarak geliştirilen özel cihazlarda cisimlerin görüntülerini 100 milyon defa büyültmek mümkün olmuş ve katı cisimlerin yüzeylerini bir atom seviyesinde görme imkanı elde edilmiştir.

Bu bölümde özet bilgilerle anlatılan kuantum mekaniğinin 1930'larda son halini almasıyla, evren boyutundan atom boyutuna kadar olan bütün doğa olaylarının başarılı bir şekilde açıklaması mümkün olmuştur.

Kuark Avı

1900'lerin başlarında, bilim adamları yeryüzündeki bazı elementlerden dışarı çıkan radyasyonu biliyorlardı. 1910'da T. Wulf, yerden çıkana karşılık uzaydan da bir radyasyon geldiğini ileri sürdü. 1911 yılında Avusturyalı Victor Hess balonla 5350 metre yüksekliğe çıkarak atmosferin üst tabakalarındaki radyasyonun daha fazla ve güçlü olduğunu gördü.

Daha sonra, Güneş'ten ve galaksilerden gelen radyasyonun yüksek enerjili parçacıklar ve bilhassa protonlar olduğu, bunların atmosferin üst tabakalarındaki atomlara çarpmasıyla parçalanıp parçacıklara ayrıştıkları keşfedildi. Bu yüksek enerjili radyasyonun parçaları, atom çekirdekleri, protonlar, nötronlar ve elektronların yanında daha birçok bilinmeyen parçacıklardı. Bunların büyük bir kısmı oralarda takılıp kalıyor ve yeryüzüne inemiyordu.

Pieter Zeeman'ın, atomların bir manyetik alan içindeyken spektrum çizgilerine ayrıldığını tespit etmesi üzerine, yörüngelerdeki elektronların farklı açısal momentumlara sahip bulundukları anlaşıldı. 1925'de Uhlenbeck ve Goudsmid, çekirdek etrafında dolanan elektronların bu dönüşlerinden dolayı yarattıkları açısal momentumun yanında, kendi etraflarında da döndüklerini ve bu dönüş sonucu olarak da başka bir açısal momentum oluşturduklarını ileri sürdü ve bu durumu Güneş etrafındaki hareketi sırasında kendi ekseni etrafında da dönen Dünya'ya benzettiler.

Elektronların dönüşleri hem saat ibresi yönünde hem onun tersi yönde olabiliyordu. 'Spin-up' ve 'spin-down' denilen bu hareketler ve bir atom içindeki elektronların enerji durumları tam anlaşılamıyordu. Eğer bütün elektronlar simetrik olup enerjileri en düşük seviyede bulunsaydı, bütün elementler aynı davranışta olacak, moleküller ve canlılar var olmayacaktı.

Avusturyalı Wolfgang Pauli bu duruma 1926 yılında 'dışlama ilkesi' ile çözüm getirdi. Pauli, çekirdek etrafındaki muhtelif yörünge seviyelerinde dönen elektronlar arasındaki enerjilerin, spin'lerin farklı atomların elektronları arasında molekülleri oluşturmak üzere uyumlu şekilde bulunduğunu, alış veriş halinde olduğunu belirtti.

Buna göre, hiçbir şey sıfıra sıkıştırılamazdı ve belli bir minimum alanı ihtiva ederdi. Herhangi bir sistemde sadece tek bir elektron sadece belli bir kuantum durumunda, yani belli pozisyonda ve spin'de bulunabilirdi. Bazı parçacıklar tam spin değerine, bazıları da kesirli değerlere sahipti. En iç yörüngedeki bir elektron dönüş yönüne göre her iki durumdan birinde olabilirdi ve dolayısıyla bir yörüngede iki elektron birden yer alabilirdi. Diğer yörüngelerde de kısıtlı sayıda durumlar olabilir ve elektronlar en düşük enerji durumunda bir araya gelemezlerdi.

Cisim benzeri kuantum parçacıkları bu ilkeye uyuyor, foton gibi radyasyon benzeri parçacıklar ise uymuyorlardı. Böylece, bir atomun dış bölgeleri, elektronların aralarındaki etkileşimler, periyodik tablo ve doğadaki elementlerin kimyasal özellikleri Pauli'nin dışlama ilkesi ile açıklığa kavuşmuş oldu. Kuantum mekaniğinin de ortaya çıkması üzerine artık bilim adamları bir atom çekirdeğinin 'içini' merak etmeye başladılar.

1932 yılında İngiliz John Cockcroft ve Ernest Walton 800.000 eV'luk bir makina yaptılar. Makinalarının elektrostatik alanı içinde hızlandırdıkları proton parçacıklarını lityum atomunun çekirdeği ile çarpıştırdılar. Lityum çekirdeği parçalanarak helyum atomuna dönüştü. Bu olay bir atom çekirdeğinin ilk parçalanışı ve 'parçacık fiziğinin' başlangıcı oldu.

Cockcroft ve Walton'un imal ettikleri parçacık hızlandırıcı makina ilkeldi ve daha büyük enerji vermiyordu. Aynı yıl Amerikalı Robert Van de Graaff 1.000.000 eV'luk enerji üreten bir jeneratör yaptı. Bu tip dairesel makinalarda, elektrik yüklü parçacık bir elektrottan 1 Volt yüksek diğer bir elektrot arasında yol alırken 1 eV'luk enerji ile hızlanıyor ve belli bir enerjiye kadar çıkıyordu.

1928'de Norveçli R. Wideröe, lineer hızlandırıcı denilen ve daha yüksek enerji çıkaracak bir makina tasarladı. Sisteminde, tek bir hızlanma yerine parçacıklar birbiri arkasındaki elektrik alanlarında kademeli olarak hızlanacak ve uzun bir tüpün içinde yol alacaktı. Bu tip hızlandırıcıların problemi çok uzun olmalarıydı. Wideröe'nin fikrini kullanan Amerikalı Ernest Lawrence daha uygun bir makina tasarladı. Lawrence'in 1932'de yaptığı makina dairesel şekildeydi ve etrafında iki adet güçlü elektromıknatıs yer alıyordu.

Bu makinalara 'siklotron' adı verildi. 33 cm çapındaki bu ilk siklotron'da parçacık kuvvetli bir manyetik alan içindeki spiral

yörüngelere hapsediliyor, iki yuvarlak elektromanyet arasında, makinanın merkezinden girip hızlanarak yol alıyordu. Bu sistemde 1.000.000 eV'luk enerji elde edildi. Daha sonra 150 cm çapındaki siklotrondan 20 MeV'luk enerji elde edildi. Ulaşılan hız ise ışık hızının %90'nıydı. Bu tür makinalarda elde edilen güç ancak bu kadardı ve bunları daha güçlendirmek mümkün değildi.

1911 yılında İskoçyalı Charles T. Wilson 'buhar odası' adı verilen bir sistemi buldu. Odanın içine su buharı ile doymuş hava koydu. Doymuş havanın birden genleştirilmesiyle içerdeki gazın sıcaklığı düştü ve su buharı odanın duvarları ve içerdeki yüklü nesnelerin üzerinde sis damlacıkları halinde yoğunlaştı. Bu durumda odanın içindeki yüklü parçacıklar, üzerlerindeki sis damlacıkları sayesinde görülebilir hale geldi. Daha sonra geliştirilen sistem radyoaktif elementlerden çıkan alpha ve beta parçacıkların izlenmesinde ve atom içi parçacıkların keşfedilmesinde kullanıldı.

1932'de Amerikalı Carl D. Anderson bir buhar odası içinde kozmik ışınları inceliyordu. Bu sırada tesadüfen, pozitif elektron olan 'positronu' keşfetti. Positron, 1928 yılında Paul Dirac tarafından matematiksel olarak öngörülmüştü. Anderson kozmik ışınlar içinde başka parçacıkları aramaya devam etti. Bulduğu parçacıkları önce elektron sandı, sonra bir dağın üst seviyelerinde yaptığı deneylerde bunların farklı parçacıklar olduğunu anladı.

1936'da bulduğu yeni bir parçacığı daha sonra, kendisinden bir yıl önce Japon Hideki Yukawa tarafından matematiksel olarak ileri sürülen meson parçacığı sandı. Parçacık negatif yüklü ve elektrondan 130 kat fazla kütleye sahipti. Yukawa'nın teorisindeki parçacığın tersine bu parçacık çekirdek kuvvetlerinden etkilenmiyordu. Anderson'un bu yeni parçacığına mu-meson'un kısaltılmışı olan 'muon' adı verildi.

Uzaydan gelen muon'lar saniyenin 2 milyonda biri kadar yaşayabiliyorlar ve atmosferin içinde 600 metre kadar yol aldıktan sonra parçalanıp yok oluyorlardı. Sadece bazıları, Einstein'ın zaman genleşmesi teorisine bağlı olarak, ışık hızına çok yakın hızlarda yol aldıklarından deniz seviyesinin 10'cu kilometresine kadar inebiliyorlardı. Bu arada Yukawa teorisinde öngörülen ve çekirdek kuvvetlerinden etkilenen diğer meson parçacığı da İngiliz Cecil F. Powell tarafından keşfedildi ve adına pi-meson'un kısaltılmışı olan 'pion' dendi.

1947'de Anderson, buhar odası içindeki kozmik ışınların iki acayip izini tespit etti. Her iki iz de V şeklindeydi. Anderson bunların yeni parçacıkların izleri olduğunu söyleyerek onlara K-meson'dan 'kaon' adını verdi. Kaon parçacıklarının yaşam süresi 10^{-8} saniye idi. Bu süre, ışığın bir çekirdek boyunca ilerleme süresi olan 10^{-23} saniyeden 10^{-15} saniye daha uzundu. Bu kadar uzun bir ömür süresinden dolayı kaon'lar, acayip parçacıklar olarak tanımlandı.

Orta ağırlıkta anlamına gelen ve 'meson'lar olarak adlandırılan muon, pion ve kaon'un matematiksel ve deneysel olarak bulunmasıyla modern parçacık fiziği de başlamış oldu. Bundan sonraki keşifler parçacık hızlandırıcılarının geliştirilmesiyle yapılacaktı.

1930'larda imal edilen siklotronlardan daha fazla bir enerji elde edilemiyordu. 1945 yılında Amerikalı Edwin McMillan 'senkrosiklotron' adı verilen daha güçlü bir makina imal etti. Bu makinadan 800 MeV'lik bir enerji elde etti. Daha sonra 'sinkrotronlar' yapıldı. Bunlar çok geniş çaplı içi boş dairesel tüplerdi ve tüpün etrafında güçlü elektromıknatıslar yer alıyordu. Tüpün içindeki parçacık hızlandıkça manyetik alan artıyor ve parçacığın daha da hızlanmasını sağlıyordu. Elektromanyetik mıknatısların yüksek güçlü alanlarının parçacıkları hızlandırması yanında, manyetik alanlar da onların

bir daire içinde yol almaları için dairesel senkronizasyon veriyordu. Parçacıklar bir enjektörden tüpün içine giriyor ve istenilen hıza ulaşınca tüp dışındaki bir hedefe yollanıyordu.

1952'de Amerika'nın Brookhaven kentinde kurulan ilk proton sinkrotronundan 3 milyar eV'luk enerji alındı ve adına 'Cosmotron' dendi. 1954'de California'da 6 milyar eV'luk 'Bevatron' ilk antiprotonu üretti. Amerika'da kurulan FermiLab sinkrotronu 2 kilometre çevresiyle protonları 1 trilyon eV'ye enerjilendiren bir makinaydı. Sinkrotronlarda parçacık tek bir yönde hızlandırıldıktan sonra belli bir hedefe çarptırılıyordu. Daha sonra, parçacığın bir yönde, onun antiparçacığının da tersi yönde hızlandırılması fikri edinildi. Elektromıknatısların yerine de, sıvı helyumla soğutulan, süper iletken mıknatıslar düşünüldü.

Bir beta bozunmasında çekirdek daha küçük çekirdeğe ve bir elektrona ayrışıyor ve enerjinin sakınımı yasasına göre, küçük çekirdek ve elektron mevcut enerjiyi paylaşıyorlardı. 1914 yılında İngiliz James Chadwick, beta radyoaktivitesini veren elektronların belirli bir değerden farklı enerjilere sahip olduklarını buldu. İki parçacık meydana gelince farklı enerji seviyeleri nasıl oluşuyordu?

Bunun cevabı, Chadwick'in 1932'de nötronu keşfetmesinden bir yıl önce Pauli'den geldi. Pauli 1931 yılında, beta bozunmasında elektronun yanında, aradaki enerji farkını taşıyan, herhangi bir elektrik yükü bulunmayan, hemen hemen bir hiç olan bir parçacığın da açığa çıkması gerektiğini söyledi. Aksi takdirde, momentum ve enerji dengelenemezdi. Pauli bu parçacığa yeni bir nötron dedi, fakat Chadwick ona 'nötrino' adını verdi.

Bir nötronun protona dönüşmesi esnasında elektronun yanında ortaya çıkan, yükü ve kütlesi sıfır olan nötrinolara ait teoriyi 1934'de İtalyan Enrico Fermi kurdu. Kütlesiz olmaları

yüzünden hiç bir şeye çarpmadan, her şeyin içinden geçip gidebilen nötrinoları 1953'de iki Amerikalı, Clyde Cowan ve Fred Reines yaptıkları deneyde yakalamayı başardılar. Uzaydan bir saat süre içinde gelen trilyonlarca nötrinodan sadece üç tanesi yakalanmıştı.

1948'de Amerikalı Jack Steinberger, uzaydan gelen kozmik ışınlardaki muon'ların bir elektron ve iki nötrinoya bozunduklarını tespit etti. İki nötrino birbirinden farklıydı ve onlara 'elektron-nötrinosu' ve 'muon-nötrinosu' adları verildi. Steinberger daha sonra Brookhaven'de kurulan proton çarpıştırıcısında elde ettiği parçacıkları 14 metre kalınlığındaki hurda çelik yığınından geçirdi. Parçacıkların hepsi, çelik yığınının arkasındaki 2.5 cm kalınlığındaki alüminyum detektörün çekirdeklerine çarpıp orada takılıp kaldı, fakat nötrinolar yollarına devam ettiler. Bu deney Steinberger'in iki tür nötrinosunu teyit etmişti. Bir üçüncü tür olan 'tau-nötrinosu' da 1975 yılında keşfedilecekti. Aynı yıl yeni bir hafif parçacık olan 'tau' Amerikalı Martin Perl tarafından bulundu.

1900'ün başlarında sadece elektron ve protonun varlığı biliniyordu. 1932'de nötron bulunmuştu. Daha sonraki yıllarda, pozitron, muon, pion, kaon, nötrino gibi diğer parçacıklar keşfedilmişti. Bunların çoğu kararsız parçacıklardı ve çok kısa ömür sürelerinin sonunda başka parçacıklara dönüşüyorlardı. Uzaydan gelen kozmik ışınların içlerinde veya hızlandırıcılarda tespit edilen bu kararsız parçacıklar maddenin içinde fazla önemli rol oynamıyorlar ve kararlı parçacıkların içinde parçalanıyorlardı.

Bunlar maddenin daha dip noktasındaki başka parçacıkların birer işaretiydi ve onlardan daha temel olanları bulunmalıydı. Çekirdeğin içinde gizlenmiş diğer parçacıkları arama çalışmalarına hız verildi. Ayrıca, bulunan parçacıkları

birbirinden ayırt etmek ve onların sınıflandırılmasını da yapmak gerekiyordu.

1952 yılında Amerikalı Donald Glaser 'köpük odasını' icat etti. Köpük odası daha önceleri kullanılan buhar odasının yerini aldı. Yüksek enerjili parçacıklar buhar odasının içindeki su buharından geçerken yeterli iz bırakmıyordu. Köpük odasında su buharı yerine süper ısıtılmış, kaynama sıcaklığının biraz üzerinde olan, fakat yüksek basınç altında kaynamayan ve buharlaşmayan sıvı hidrojen kullanıldı. Parçacık odaya girdiğinde basınç aniden düşürüldü ve parçacığın enerjisiyle sıvı hidrojen kaynadı.

Oda içinde hareket eden yüklü parçacık kaynayan sıvının içinde köpük oluşturarak kolayca görüldü. Bir çizgi halinde görülen köpük izlerinin çekilen fotoğrafında o parçacığın bütün özellikleri anlaşılır hale geldi. Bir köpük odasını ilk kullanan J. Steinberger oldu ve 1954 yılında 'nötr sigma' parçacığını keşfetti. Daha sonra, 'lambda' ve 'nötr kaon' görüldü. Bu yıllarda, yüksek enerjili makinalarda 'sigma, ksi', zayıf çekirdek kuvvetinin parçacıkları olan 'W' ve 'Z' parçacıkları bulundu.

Bu iki parçacık daha önce Hollandalı Gerard Hooft tarafından matematiksel olarak öngörülmüştü. 1976'da İtalyan Carlo Rubbia'nin tavsiyesi üzerine CERN'deki SPS-Süper Proton Synchrotron'da protonla antiproton çarpıştırıldı. 1981'de başlayan ve iki yıl süren çalışmalarda proton-antiproton bir milyar defa çarpıştırıldı ve sonunda W ve Z parçacıkları ortaya çıkarıldı. Bu parçacıkları açığa çıkaran enerji Büyük Patlamanın ilk saniyelerindeki enerjinin bir milyarda biri kadardı. Bu, o zamana kadar insanoğlunun elde ettiği en kısa süreli etkileşim olmuştu.

1961 yılında Amerikalı Murray Gell-Mann ve İsrailli Y. Ne'eman, o zamanlar bilinen 30 civarındaki parçacığın

matematiksel bir simetri ve özel geometrik modellerde 10'lu gruplar içinde olabileceğini ileri sürdüler. Gell-Mann, 1962'de bu 10'lu grubun aralığını dolduracak 'omega minus' parçacığından bahsetti. Bu parçacık da 1963 yılında köpük odasında keşfedildi.

10'lu grup simetrisi içinde Gell-Mann ve Rus George Zweig, o zamana kadar hiç bilinmeyen yeni parçacıklardan bahsettiler. Bu arada, ışık hızına yakın bir hızda hızlandırılmış elektronlar protonlarla çarpıştırılıyordu ve protonların iç yapısı merak ediliyordu. Elektronların dalga boyları protonların boyutundan çok daha küçük olduğundan, elektronlar protonların içindeki değişik noktalara çarpabiliyordu.

Deneylerde, protonun içindeki pozitif yükün parçacığın içinde üniform bir şekilde dağılmamış bulunduğu, yükün protondan daha küçük parçacıklarda toplanmış olduğu anlaşıldı. Hatta, içerdeki bazı bölgelerde yük yoğunluk oranının, bütün protonun yükünden daha fazla olduğu görüldü. Tespit edilen yük oran farklılıkları, pozitif veya negatif elektrik yükünün üçte biri veya üçte ikisi kadardı. Bu durumda protonun içinde de bazı daha küçük parçacıkların bulunması gerekiyordu.

Proton ve nötronun kendilerinden daha ufak parçacıklardan meydana geldiğini ilk ileri süren insan ve genç bir fizik öğrencisi olan Zweig, bunlara 'aces' adını verdi ve makalesini yayınlanması için Amerika'ya gönderdi. Amerikalı bilim adamları Zweig'in teorisini gülünç buldular ve makalesini yayınlamadılar. Aynı yıl, aynı iddiayı ondan bağımsız olarak ileri süren Amerikalı tanınmış fizikçi Gell-Mann bu parçacıklara 'kuark' adını verdi ve o, makalesini yayınlanması için Avrupa'ya gönderdi. Gell-Mann'in teorisi derhal yayınlandı ve iddiası ciddiye alındı. Zweig'in makalesinin buluşundan 20 yıl sonra yayınlanması, kuarkların mucidinin ve

isim babasının Gell-Mann olarak kabul edilmesine sebep olmuştur.

Kuarklar önce matematiksel olarak hesaplandı ve denklemleri birbirine uydu. Yine de, birçok fizikçi kuarkların mevcudiyetine inanamadı ve bu fikre şüphe ile baktı. Zira, bölünmüş elektrik yüklerinin yanında, Pauli'nin dışlama ilkesine göre iki kuark benzeri parçacık, daha büyük bir parçacık içinde aynı şartlar altında bulunamazdı. Buna cevap olarak O.W. Greenberg, 1964'de kuarkların renklerle tanımlanan ilave bir yük taşıdığını ve renklerin kuarkları birbirinden ayırdığını ve dışlama ilkesinden kurtardığını ileri sürdü.

Proton ve nötronların her birinde üçer kuark vardı ve bunlardan her biri kırmızı, yeşil ve mavi renklerden biriydi. 3'lü kuark grubunda her renkten bir adet olmalıydı ki sonuç beyaz veya nötr olabilsin.

Kuark Teorisi'nin yerleşmesinden sonra onlar, yüksek enerjili hızlandırıcılarda, kozmik ışınlarda, her yerde arandı. Bir çok deney sonuç vermedi ve parçalanan protonların içinden kuark çıkmadı. 1967 yılında Stanford'da kurulan SLAC parçacık çarpıştırıcısı çalıştırıldı. Bu, 3 kilometre uzunluğunda bir elektron makinasıydı. SLAC'ın amacı elektronlarla parçacıkların üretilmesiydi. Amerikalı Richard Feynman SLAC'da bir protonun parçalanıp daha küçük parçalarına ayrılabileceğini ve bu parçacıkların 'parton'lar olacağını belirtti.

1968'de yapılan deneyde, Çekirdeğin içindeki nokta benzeri parçacıkların görüldüğü ilan edildi. Daha sonra Cenevre'deki CERN hızlandırıcısında yapılan deneyde, Feynman'ın ileri sürdüğü, kesirli yüklere sahip parçacıkların izine rastlandığı ve bir protonun içinde bunlardan üç adet bulunduğu teyit edildi.

Zweig ve Gell-Mann'in matematiksel olarak ileri sürdüğü kuark teorisi böylece ispat edilmiş oldu.

Bulunan bu üç kuarka, 'yukarı, aşağı ve tuhaf' adları verildi. Ve bunlar en temel parçacıklardı. Bu sıralarda, diğer dört adet hafif temel parçacık olan, 'elektron, muon, elektron-nötrinosu ve muon-nötrinosu' biliniyordu ve üç kuark bu dört hafif parçacığa uyumlu bulunmuyordu. Bu uygunsuz durum Amerikalı Sheldon Glashow'un dikkatini çekti. Glashow dördüncü bir kuarkın var olması gerektiğini ileri sürdü. Dördüncü kuarka atom içindeki nefis simetrisinden dolayı 'tılsımlı kuark' adı verildi.

1974'de Amerikalı Burton Richter Stanford'daki SPEAR lineer hızlandırıcıda deney yapıyordu. Enerji sinyallerinde ani bir yükselme gördü ve yeni bir parçacık yakaladı. Richter buna 'psi' adını verdi. Japon S. Ting, 1974 sonlarında aynı parçacığı aynı çarpıştırıcıda tekrar tespit etti ve ona 'J' dedi. Aynı yıl içinde iki kişi tarafından ayrı ayrı bulunan bu parçacığın ismi 'J/psi' olarak kabul edildi. Bu parçacık Glashow'un öngördüğü dördüncü kuark, yani 'tılsımlı' idi. Böylece dört adet kuark, leptonlar adı verilen dört tane hafif temel parçacıklarla dengelenmişti.

1975 yılında Amerikalı Martin Perl, Stanford'da 'tau' adı verilen yeni bir lepton parçacığı daha buldu. Denge yine bozulmuştu. Tau'nun, birde 'tau-nötrinosu' denilen bir kardeşi bulunuyordu. Şimdi dört temel kuarka karşılık altı temel lepton olmuştu. Dengeyi ve eşitliği sağlamak için iki tane daha kuark bulmak gerekiyordu. Bu iki ilave kuarka, 'tepe kuark ve dip kuark' adları takıldı. Dip kuark 1977 yılında Chicago'daki FERMILAB makinasında Amerikalı Leon Ledermann tarafından keşfedildi. Bu kuark, 'upsilon' adındaki çok ağır bir parçacığın içinde gizlenmişti.

Tepe kuarkın varlığına hep inanıldı ve o, 1994'de gözlenebildi. Tepe kuarkın, bir protonun kütlesinin 200 katı bir kütleye sahip olduğu bilinmektedir. Bir kuarkın nasıl bu kadar büyük bir kütleye sahip olabileceği ise hala bir sır olarak durmaktadır.

1928 yılında Cockcroft ve Walton'un ilkel makinası ile başlayan parçacık çalışmaları 1970'lerden sonra en üst düzeye erişti. Negatif yüklü parçacıklar pozitif yükü olan her cisme doğru çekilir. Pozitif voltaj yükseldikçe negatif yüklü parçacığın hızı ve enerjisi artar. Bu işlemi sağlayan hızlandırıcılarda proton, elektron gibi bir elektrik yüküne sahip parçacıklar yüksek hız ve enerjilere çıkarılır. Önceleri, parçacıklar yeterli hızlara erişince belli bir hedefe çarptırılıyor, parçalanması sağlanıyor ve parçalarına ayrılan o parçacığın içinde ondan daha küçük parçacıklar aranıyordu. Daha sonra, biri bir yönde, diğeri onun tersi yönde hızlandırılmış iki parçacığın kafa kafaya çarpışması düşünüldü. Böylece, birbiri ile çarpışan parçacıkların içinden daha fazla parçacığın ortaya çıkması temin edildi.

Parçacık çarpıştırıcıları içinde yaratılan enerji ne kadar yüksek olursa yeni bir parçacık elde etme ihtimali de o kadar fazla olur. Çok yüksek enerjilerde, enerjinin bir kısmı parçacığa dönüşmekte ve yeni bir parçacığın şekillenmesine neden olmaktadır. Işık hızına çok yakın hızlarda yol alan parçacıkların artan kütleleri de Einstein'ın $E=mc^2$ formülünden bulunabilmektedir. Son yıllarda keşfedilen parçacıkların hemen hemen tamamı gelişmiş parçacık hızlandırıcılarında keşfedilmiştir. Bir hızlandırıcının sinkrotron'u 60 Megawat'lık bir elektrik akımına ihtiyaç gösterir. Bu, 15.000 kişilik bir şehrin ihtiyacı olan elektriktir.

Mutlak sıfırın bir kaç derece üstündeki sıvı helyum sıcaklığına ulaşılınca kurşun, çinko gibi metaller elektrik

mukavemetlerini kaybeder ve süper iletken hale gelirler. Süper iletken elektromıknatıslar daha az güç gerektirir. İlk süper iletken proton hızlandırıcısı Chigaco'daki FermiLab'da kuruldu. Tevatron adı verilen 6.4 kilometre çapındaki makina 1983'de işletmeye açıldı. Tevatron'dan 1.8 Tera eV'luk bir güç elde edildi. Çevresinde sıvı helyumla soğutulan süper iletken mıknatıslarla donatılan makina 5000 ton ağırlığında olup, protonları bir yönde antiprotonları diğer yönde hızlandırıp çarpıştırmaktadır.

1992'de, Almanya, Hamburg'da DESY Laboratuarında çalıştırılan Petra çarpıştırıcısı 6.3 kilometre uzunluğunda olup, tüpte elektronlarla protonlar çarpıştırılmaktadır. Burada, 830 GeV'luk protonlarla 30 GeV'luk elektronlar süper iletken mıknatıslardaki 13 tonluk sıvı helyum içinde işlem görmektedir.

1989'da Cenevre'deki CERN sistemi devreye sokuldu. Dünya'nın 'en büyük' makinası olan bu sistem evrenin 'en küçük' parçacığını bulmak için imal edilmiştir. Çevresi 27 kilometre, tüpünün çapı ise 3.8 metredir. Tesis, İsviçre ve Fransa sınırları içinde yerin 100 metre altındadır. CERN'de, elektronlarla positronların çarpıştırılması öngörülmüştür. Elektronlar ve positronlar İsviçre tarafındaki girişten girmekte, tüp içinde ışık hızına çok yaklaştıktan sonra Fransa tarafındaki LEP-Large Elektron Positron'a enjekte edilmektedir. 100 milyar eV gücündeki makinanın karşısından gelen parçacıklar çevrenin dört noktasında bulunan dört dev detektörde çarpıştırılmaktadır.

CERN tüpünde hızlandırılan ve 100 GeV'e ulaşan elektron ve positronların LEP'de çarpıştırılmaları, bu parçacıkların çok hafif olmaları nedeniyle oldukça zor olmaktadır. Bu yüzden daha uzun tüpün yapılması planlanmıştır. LEP, Dünya'nın en büyük hızlandırıcısı olmasına karşılık en güçlüsü değildir. Proton makinalarının gücü 500 GeV olup LEP'den 10 kat daha

güçlüdür. Bunun sebebi, LEP'deki hafif elektronları belli sıkılıkta bir pozisyonda tutmanın zorluğudur. 1989'da çalışmaya başlayan LEP çarpıştırıcısında Z, W parçacıkları, karşıtları, kuarklar ve leptonların tamamı üretilmektedir.

LEP'de elektron 100 metre uzunluğundaki lineer hızlandırıcıdan fırlatılır ve 200 MeV'lik enerjiye ulaşır. Positronu göndermek daha zordur. Önce elektronlar hedefe yollanır ve gamma ışın fotonlarının patlamasından elektron-positron çiftine dönüşmesi sağlanır. Positronların manyetik bir alanda seçilip toplanarak, yeterli miktarda birikmeleri için beklenir. Yeterli miktarda biriken elektron ve positronlar senkrotronlara gönderilir ve burada 22 GeV enerji ile tekrar hızlandırılır. Elektronlar bir yönde positronlar ters yönde olacak şekilde LEP içine enjekte edilir.

Kurşunla kaplanmış ve suyla soğutulmuş LEP tüpünün içindeki elektron ve positronlar 10 cm aralıkta dönmeye başlar. Tüp içindeki boşlukta dönen elektron, yoluna hiç bir molekül çıkmadan bir ışık yılı kadar devam eder. Işık hızına yakın hızdaki elektron ve positronlar 27 kilometrelik çevrede saniyede 10.000 dönüş yaparlar. Bunların 13 milyar kilometre kadar bir yolu tamamlamaları istenir. Parçacıkların takip edecekleri yönler, 5000'den fazla mıknatıs tarafından kontrol edilir.

Elektron ve positronlar çarpışma enerjisine ulaştıklarında manyetik alanlar kapatılır ve ters yönlerde yol alan parçacıklar çarpışma noktalarındaki dört adet detektörde yüz yüze getirilir. Karşı karşıya gelen elektron ve positronların çoğu birbirine çarpmadan yandan geçip gider. Saniyede 40.000 defa yapılan karşılaşma sırasında sadece birkaç çarpışma yakalanabilir. Bu işlemden sonra tüp içindeki parçacık ışını bozulmuş olur ve tüp taze parçacıklarla yeniden doldurulur.

Rutherford parçacıkları saymak için bir ekran kullanmıştı. Daha sonra fotoğraf filmi kullanıldı. Parçacıkların bir gaz veya sıvı içinden geçerken bıraktıkları izlerin fotoğrafları çekiliyordu ve fotoğraflardaki izlerin gözle analizi yapılıyordu. Daha sonraki yıllarda izlerin analizi bilgisayarlarda yapıldı.

LEP gibi büyük ve modern detektörler 500.000 elektronik kanala sahip olup, bunlar parçacıkların çarpışmaları sırasındaki olayları kaydeder. Bir parçacık grubunun detektörden geçip gitmesiyle bir sonraki grubun detektöre girmesi arasındaki süre bir saniyenin 25 milyonda biri kadardır. Elektronik ünite, bu süre içinde detektör içinde ilginç bir olayın olup olmadığına karar verir. Enteresan bir olay olmamışsa elektronik beyin temizlenir ve bir sonraki olay için hazır duruma gelir. İlginç bir olay olmuşsa, o zaman, bir sonraki geçiş ihmal edilir ve detektör meydana gelmiş olayı ve bir saniyenin yüz milyonda biri kadar bir süre içinde o olayın bilgilerini gösterir.

Bir çarpışma yakalandığında parçacıklar köpük odasında noktalardan oluşan izler bırakır. Detektör, noktalardan meydana gelen izleri birleştirerek bir model çıkarır. Çıkan iz eğrileri modellerinden parçacığın, pozitif veya negatif yükleri, hızı gibi özellikleri hesap edilir. Ve parçacık tanımlanır. Bilgisayarlar, meydana çıkan yüzlerce iz arasında yeni parçacığı kolayca belirler.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda mesonlar, kuarklar ve lepton parçacıkları hakkında bir çok bilgi elde edilmiştir. Bunların ölçüleri, sahip oldukları elektriksel yükler belli olmuştur. Şu anda CERN'den daha büyük olan ve çevresi 85 kilometrelik yeni bir makina Amerika'da imal edilmektedir. Bu makinadan 40 TeV'lik bir enerjinin elde edilmesi planlanmaktadır.

İleride yapılacak makinalarda kuarklarla leptonlar, yani en temel parçacıkların birbiri ile çarpıştırılmaları öngörülmektedir.

Bu makinaların kuarkları, protonun içinde gizlendikleri yerden dışarı çıkarıp çıkaramayacakları henüz bilinmemektedir. Kuarklar serbest olmayan parçacıklardır. 1000 kilometre çapındaki hızlandırıcıların bile bu parçacıklar için yeterli olacağı şüpheli görülmektedir.

Bir atomun büyüklüğü 10^{-8} cm, yani bir santimetrenin 100 milyonda biri kadardır. Atom çekirdeğinin çapı ise bir santimetrenin 10 trilyonda biridir. Uzun bir süre, bir atomun içinin hiç bir zaman görülemeyeceğine inanıldı. 1932 yılında Chadwick nötronu keşfettiğinde, maddenin temel parçacıklarının sadece, proton, nötron ve elektron olduğu sanılmıştı. Son 40 yıl içinde yapılan çalışmalar sonunda ise bir atomun içi görüldü ve temel parçacıkların proton, nötron ve elektron olmadığı, bunların da başka parçacıklardan meydana geldiği anlaşıldı.

Dünya'nın en büyük ve en pahalı makinaları evrenin en küçük parçacığını bulabilmek için imal edildi. Binlerce parçacık keşfedilip kayda geçti ve parçacık fiziği doğmuş oldu. Parçacık fiziği yanında, QCD-Kuantum Kromo Dinamiği, QED-Kuantum Elektro Dinamiği olarak adlandırılan daha ileri bilimler gelişti. Maddenin standart modeli tarif edildi, doğadaki temel kuvvetler tanımlandı ve Big Bang'ın ilk saniyelerindeki parçacıkların evrimi belirlendi. Süpersicim ve Paralel Evrenler Teorileri ortaya atıldı.

Bir atomun içindeki bütün parçacıklar her an etrafta uçuşur, birbirlerine çarpar, yok olur ve yeniden yaratılırlar. Parçacıklar yok olunca kütleleri enerjiye, daha sonra enerjileri kütlelere dönüşür. Bu tür prosesler atom içinde durmadan devam eder durur. Parçacıkların bazıları çekirdeği bir arada tutar, bazıları ise kuvvetleri taşır. Parçacıklar kütle, elektrik yükü ve spin'lerle tanımlanır. Elektrik yüklü dönen parçacıklar 'magnetic-moment' denilen bir manyetik alan yaratır.

Maddenin en temel parçacıkları ‘kuark’ adı verilen ve boyları 10^{-18} metre, veya bir santimetrenin, 100 milyar defa milyarda biri olan parçacıklardır. Kuarklar açısal momentuma ve elektrik yüküne sahiptir. Hiç kimse henüz bir kuark parçacığını görememiştir. Fakat varlıkları kesindir. Onlar diğer parçacıkların içinde gizlenmiş ve hapsedilmiş durumdadır. Serbest parçacıklar halinde etrafta dolaşmazlar.

Doğada altı çeşit kuark bulunmaktadır. Bunlar, yukarı kuark (up), aşağı kuark (down), tuhaf kuark (strange), tılsımlı kuark (charm), dip kuark (buttom) ve tepe kuark (top) olarak adlandırılır. Her kuarkın bir de karşıt parçacığı olan antikuark vardır. Kuarkların da ‘preon’lar denilen kendilerinden daha küçük parçacıklardan oluştuğuna inanılmaktadır.

Bütün parçacıkların elektrik yüklerinin, bir elektronun yükünün tam sayı katlarında veya sıfır değerinde olmasına karşılık, kuarkların elektrik yükleri bir elektronun yükünün üçte biri veya üçte ikisi kadardır. Bu yüzden kuarklar tek başlarına serbest olarak bulunamaz, birbirlerinden ayrılamaz ve onları içinde bulundukları parçacığın dışına çıkarmak mümkün olamaz. Bugünkü bilgilerimize göre, bir kuarkı diğerinden ayırıp maddenin dışına çıkarmak ve ölçümünü yapmak imkansızdır.

Elektronun dışındaki bütün parçacıklar kuark ve antikuarkların çeşitli şekillerde birleşmesinden meydana gelmiştir. Kuarkların taşıdıkları elektrik yükleri ve kütleleri ise şöyledir. Yukarı kuark elektronun yükünün +2/3’ü ve kütlesi onun iki katı, aşağı kuark -1/3’ü ve kütlesi onun altı katı, tuhaf kuark -1/3’ü ve kütlesi onun 200 katı, tılsımlı kuark +2/3’ü ve kütlesi onun 3000 katı, dip kuark -1/3’ü ve kütlesi onun 9000 katı, tepe kuark ise bir elektron yükünün +2/3’ü, kütlesi ise henüz bilinmemektedir.

Halen bilinen bütün parçacıkların elektrik yüklerinin ya sıfır veya bir elektronun yükünün ± tam sayı katında olmasına karşılık, kuarkların bir elektronun ± kesirli yüklerinde bulunması, bu kesirli yüklerin birleşmeleri sonucu çeşitli kuark kombinasyonlarının meydana getirdiği parçacıkların tam sayılı yükleri meydana gelir. Bu birleşmeler elektrik yükünün korunumu yasasına göre tanzim olunur.

Kuarkları da meydana getiren, onlardan daha küçük parçacıklar var mı, yoksa kuarklar maddenin en temel parçacıklarımıdır? Bu durum henüz bilinmemektedir, belki hiç bir zaman öğrenilemeyecektir. Kuarkları gizlendikleri parçacıkların içinden çıkarıp parçalayacak güçte makinaların enerjileri insanoğlunun düşünemeyeceği büyüklüktedir.

Parçacıklar en genel anlamda iki türe ayrılır: çekirdeğin içinde yaşayanlar ve çekirdeğin dışında bulunanlar. Çekirdeğin içindekilere, proton, nötron, vs, 'hadron'lar adı verilir. Elektron gibi çekirdeğin dışında bulunanlara ise 'lepton'lar adı verilir.

Bir atomun içinde yer alan parçacıklar sahip oldukları özelliklere göre de bir takım gruplara ayrılırlar. Bunlar, hadronlar, mesonlar, preonlar, baryonlar, bosonlar, leptonlar, fermiyonlar, partonlar ve nükleonlar gibi isimlerle tanımlanır. Hadronlar, mesonlar ve baryonlar diye adlandırılan iki gruba ayrılır. Baryonlar, nükleonlara ve hiperon'a ayrılır. Bosonlar, leptonlar, fermiyonlar ve partonlar ayrı özelliklerdeki gruplardır. Bütün bu ana gruplar, kuarklar, gluonlar, elektronlar, fotonlar, pion, muon, kaon gibi birbirinden farklı parçacıkların değişik birleşmelerinden oluşurlar.

Hadron, cüsseli, kuvvetli, güçlü anlamına gelmektedir. Hadron sınıfına giren bütün parçacıklar temel parçacıklar olan kuarklardan oluşur. Güçlü etkileşime giren her parçacık bir hadrondur. Hadron parçacıklarının birer elektrik yükleri, kütleleri ve manyetik özelliği bulunmaktadır. Hadronların

büyük bir kısmı kararsız olup, bozunma sonunda baryon veya meson grubu parçacıklara dönüşür. Hadronlar üçer kuarkın değişik şekillerde birleşmesinden meydana gelir. Çekirdeği dağılmadan bir arada tutan hadronlar, açısal momentumlarına göre, mesonlar ve baryonlara ayrılırlar. Kuarklar hadronların en dip parçacığıdır.

Baryon, ağır anlamına gelmektedir. Baryonların açısal momentumları yarım tam sayılı rakamlarla ifade edilir. Baryonlar, çekirdekteki proton, nötron gibi ağır kütleli parçacıklardır. Bunlar üç kuarkın birleşmesinden meydana gelir. Üçer adet kuarka sahip baryonlar, ikişer kuarka sahip mesonlardan daha çok reaksiyon verirler.

Meson, orta ağırlıkta anlamına gelmektedir. Açısal momentumları tam sayılarla ifade edilir. Mesonlar, bir kuark ve bir antikuark'ın birleşmesinden oluşur. Elektrik yükleri negatif, pozitif veya sıfır olabilir. Kütleleri elektronla protonun kütlesi arasındadır ve elektrondan 200 defa daha ağırdır. Bir hadron, ya bir baryondur veya bir meson. Baryonların tersine, mesonların çarpışma öncesi ve sonrası sayıları farklıdır. Çarpışma öncesi ve çarpışma sonrası meydana gelen sayıların ve yüklerin farklılığından bir hadronun, baryon veya meson olup olmadığı belirlenir. Mesonlar, baryonlarla leptonların arasındadır.

Lepton, hafif ve ince tanecik anlamına gelmektedir. Bu gruba giren tanecikler en hafif parçacıklardandır. Lepton parçacıklarının iç yapıları hakkında hiç bir bilgi bilinmemekte olup, onları meydana getiren daha ufak parçacıklar henüz bulunamamıştır. Elektrik yükleri pozitif, negatif veya sıfırdır. Hadronların karşıtı olan parçacıklardır. Zayıf etkileşime girerler. Elektron, nötrino, muon, tau ve karşıtları birer lepton parçacığıdır. Temel parçacıklar olan leptonlar doğada serbest olarak bulunur ve ışın şeklinde kendilerini gösterirler. Açısal

momentumları yarımdır. Elektron, muon ve tau'nun yanında, Bunların nötrinoları da birer lepton parçacığıdır.

Bosonlar foton, graviton, gluon, W ve Z parçacığını ihtiva eden başka bir parçacık grubudur. Bu parçacıklar etkileşimlerde aracılık görevini yapar. Bosonlar birer kütle sayısına sahiptir. Spin'leri tam sayılarla ifade edilir. Bosonlar, mesonlar gibi, kuarktan yapılanı ve gluon foton, graviton gibi kuarktan yapılmayanı olmak üzere iki gruba ayrılır.

Fermiyonlar, spin'leri yarı tam sayılarla anılan, proton, nötron, kuark gibi parçacıkları kapsayan gruptur. Elektron, muon, tau, nötrino parçacıkları da birer fermiyondur.

Nükleonlar, proton ve nötronların oluşturduğu gruba verilen isimdir. Bunlar yarım spin'li fermiyonlardır. Nükleonlar aynı zamanda birer baryondur. Bir nükleon bir meson çıkardığında diğer nükleon bu mesonu soğurur.

Partonlar, protonun ayrıştığı ondan daha küçük parçacıklardır. Bir protonda üç parton bulunur ve bunların her biri bir kuarktır. Partonların belirli kütleleri ve sayıları yoktur. Partonlar birer baryondur. Kuarkları birleştiren gluonlar da birer parton parçacığıdır.

Doğadaki bütün parçacıkları birbirinden ayıran temel özellikler, sahip oldukları elektrik yükleri, spin'leri ve kütleleridir. Parçacıkların elektrik yükleri, pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Spin'leri 0, 1/2, l, 3/2, 2, vs olarak ifade edilir. Kütleleri ise birbirinden farklı olup, bütün parçacıklar içinde sadece fotonun kütlesi sıfırdır. Nötrino adı verilen parçacığın kütlesi o kadar küçüktür ki, pratikte sıfır olarak kabul edilebilir.

Parçacıkların bir başka özelliği Pauli dışlama ilkesine uyup uymamalarıyla tanımlanır. Pauli tarafından bulunan bu ilkeye göre iki parçacık aynı anda aynı kuantum durumunda bulunamaz. Aynı kuantum durumundan kasıt, aynı pozisyon, aynı hız ve aynı enerji seviyesidir. Aynı pozisyona

geldiklerinde hızları değişerek birbirlerinden uzaklaşırlar ve pozisyonları farklılaşır. Aynı kuantum potansiyeline konulan elektronlar ters dönüşlerle çiftler halinde kuantize enerji seviyelerini doldurarak farklı kuantum sayılarına sahip olur. Böylece elektronların tamamı en alt enerji seviyelerine inememiş olur.

İki benzer elektronun çekirdek etrafındaki aynı yörüngede bulunamayacağını açıklayan Pauli ilkesine göre, bir yörüngeye daha çok elektron ilave gelince, o zaman, farklı özelliklerdeki kimyasal elementler şekillenir. Bu ilke sayesinde çekirdek etrafında dönen bütün elektronların en düşük enerjili yörüngeye inmeleri önlenir. Yine bu sayede atomların periyodik tablosu başarılı bir şekilde izah edilebilmektedir.

Elektron, proton ve nötron gibi parçacıklar Pauli prensibine tabi olurlar ve aynı kuantum haline gelemezler. Foton gibi radyasyon benzeri parçacıklar ise farklı davranır ve aynı kuantum durumu içinde olmak isterler. Fermiyonlar, Pauli prensibine uyar ve aynı kuantum durumuna gelemezler. Bosonlar ise Pauli prensibine uymaz ve aynı durum içinde olabilirler. Baryonlar ve leptonlar bu prensibe uyar, mezonlar ve fotonlar ise uymazlar. Fermiyonların birbirinden mesafeli durmaya çalışmalarına karşılık bosonlar birbirini çekmeye çalışır. Foton tipik bir boson parçacığıdır.

Pauli dışlama ilkesi açışından evrendeki bütün parçacıkları ‘fermiyonlar’ ve ‘bosonlar’ olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür.

Fermiyonlar 1/2, 3/2 gibi yarım tam sayılı spin’lere, bosonlar ise 0,1,2 gibi tam sayılı spin’lere sahiptir. Parçacıkların spin hareketleri ile oluşan açısal momentumların tam sayılı veya yarım tam sayılı olmaları onların farklı davranmalarına neden olur. İki fermiyon parçacığı aynı bir

zaman içinde aynı spin değerine sahip olamaz. Foton benzeri bosonlardaki durum ise bunun tersidir. Fotonun spin'i 1'dir. Elektron ise 1/2 spin değerine sahip bir fermiyondur. Kuarkların spin'i 1/2, kuarklar arasında yer alan gluonların spin'i ise 1'dir. sıfır spin'li bir parçacık henüz bulunamamıştır.

Foton ve nötron haricinde her parçacığın bir elektrik yükü vardır. Protonun yükü pozitif 1, elektronunki negatif 1, temel parçacıklar olan kuarkların ise pozitif veya negatif olmak üzere kesirli sayılar şeklindedir. Pozitif ve negatif elektrik yükleri yüzünden parçacıkların aralarında alış verişte bulunmaları ve fotonlarla etkileşmelerine karşılık, kuarklar elektrik yüklerinin küçüklüğü nedeniyle bunu yapamazlar.

Her parçacığın bir karşı parçacığı bulunur. Karşı parçacıkların kütleleri, spin'leri ve yük miktarları eşit fakat elektrik yükleri ters işaretlidir. Sadece fotonun karşı parçacığı bulunmaz. Karşı parçacıklar, 'antiparçacık' olarak adlandırılır. Foton bir elektrik yüküne sahip bulunmadığından antiparçacığı yoktur. Elektronun antiparçacığına 'positron' adı verilir. positron, elektronla aynı kütle ve yüke sahip olup, elektrik yükü pozitiftir. Antiproton, protonun aynısı olup, yükü negatiftir.

Bir parçacıkla onun antiparçacığı bir araya gelince birbirlerini aniden yok ederler. Bu yüzden madde ile antimadde bir arada bulunamaz. Uzun araştırmalara rağmen evrende antimaddenin izine henüz rastlanmamıştır. Civarımızdaki bütün gök cisimleri maddeden yapılmıştır. Çok uzaktaki gök cisimleri ise antimaddeden yapılmış olabilir. Bir inanışa göre evrendeki cisimlerin büyük bir kısmı maddeden meydana gelmiştir ve az da olsa antimadde evrende mevcuttur. Başka bir inanışa göre ise, patlamanın ilk saniyelerinde madde antimaddeden çok daha fazla miktardaydı ve daha ilk anlarda madde antimaddeyi yok etmişti.

Maddeyi oluşturan parçacıklar 'Büyük Patlama' ile şekillendi. Büyük Patlama öncesi herhangi bir şey mevcut değildi. İnsanoğlu artık Büyük Patlamanın 10^{-43}'cü saniyesine kadar geri gidebilmekte ve o andaki oluşumları tarif edebilmektedir. Büyük Patlama ile birlikte önce kuarkları birbirine bağlayan gluonlar görüldü. Sonra kuarklar ortaya çıktı. Kuarkları leptonlar, bosonlar takip etti. Elektron, proton ve nötron oluşarak atom meydana geldi. Atomlar molekülleri, elementleri ve sonunda bildiğimiz maddeyi şekillendirdi.

Pion (pi-meson) bir meson parçacığıdır. Güçlü nükleer kuvveti oluşturur. Açısal momentumu sıfır olan pionların üç türü vardır. Pozitif veya negatif yüklü pionlar elektronun kütlesinin 273 katı bir kütleye, yükü bulunmayan pion ise onun 264 katı kütleye sahiptir. Pozitif pion, bir yukarı kuark ve bir aşağı antikuarktan, negatif pion ise, bir aşağı kuark ve bir yukarı antikuarktan meydana gelir. Pionların kütlesi bir protondan yaklaşık yedi defa daha azdır. Pionlar proton ve nötronlar arasında durmadan hareket ederek bu iki parçacığı bir arada tutar. Elektrik yüklü pionların ömrü 10^{-8} saniye, yüksüz olanların ömrü ise 10^{-16} saniye kadardır. Pionlar kararsız parçacık olup sonunda muon, muon-nötrinosu ve 'foton' adı verilen diğer parçacıklara dönüşür.

Diğer bir meson parçacığı kaon (k-meson)'dur. Kaonlar pozitif, negatif yüklü veya yüksüz olabilir. Elektrik yüklü kaonlar elektronun 996 katı, yüksüz olanı ise onun 964 katı bir kütleye sahiptir. Kararsız olan bir kaon bozunduğunda pozitif pion ve negatif piona dönüşür. Yaşam süreleri 10^{-8} saniye olan kaonlar piondan ağır fakat bir protondan hafiftir. Bir çekirdek boyunu 10^{-15} saniyelik bir sürede aldıklarından bunlara 'acayip parçacık' da denir. Kaon parçacığıda bir kuark ve antikuark çiftinin birleşmesinden oluşur.

Mesonların iki kuarktan oluşmasına karşılık, baryonlar üç adet kuarkın birleşmesinden meydana gelmiştir. Bir baryon olan hiperon, kütlesi bir protona eşit veya ondan daha ağır olan bir parçacıktır. Hiperonun kütlesi bir elektronun 2584 katı da olabilir. Çekirdeği oluşturan proton ve nötronun her birine 'nükleon' adı verilir. Nükleonlar yarım spin'li fermiyonlardır.

Proton, atom çekirdeğinde gözlenebilen iki parçacıktan biridir. Kütlesi elektronun 1836.1 katı, yükü elektronun yüküne eşit fakat onun tersidir. İki yukarı ve bir aşağı kuarktan oluşan proton, 10^{32} yıl olan yaşam süresi ile evrenin 'en kararlı' parçacığıdır. Pozitif yüklü bir baryon olan proton, atom çekirdeğinin yükünü oluşturarak, ters fakat eşit yüklü elektronun yörüngede kalmasını sağlar.

Bütün baryonlar en sonunda protona bozunur. Nötron bile sonunda protona dönüşür. Protonun bu kararlı durumu ve uzun yaşamı yüzünden evren ayakta durmaktadır. Proton evrenin ana maddesidir. Evrendeki protonun bozunup evrenin son bulması, onun şimdiki yaşının 10^{20} katı sonra olacaktır.

Yine bir baryon olan nötron, atom çekirdeğinde elektron mikroskobu ile görülebilen bir parçacıktır. Kütlesi elektronun 1838.6 katıdır. Herhangi bir elektrik yükü bulunmaz. Yaşam süresi 920 saniye olan nötronlar, iki aşağı kuark ve bir yukarı kuarktan oluşur. Çekirdek içinde kararlı olmalarına karşın serbest kaldıklarında sonunda protona dönüşebilirler. Nötronlar nükleer reaktörlerdeki reaksiyonlarda üretilebilmektedir.

Proton ve nötron dışında, 'lambda' ve 'sigma' olarak adlandırılan baryon parçacıkları da bulunmaktadır. Her ikisi de üç kuarktan oluşur. Lambda bozunduğunda proton ve negatif piona dönüşür. Omega minus da bir baryon olup üç acayip kuarkdan oluşur.

Parton, her bir nükleonun içinde yer alan kuark ve gluon çiftine verilen isimdir. Protonu meydana getiren daha küçük

parçacıklar olup belli kütleleri ve sayıları yoktur. Bir protonun içindeki partonların enerjilerinin toplamı protonun toplam enerjisine eşittir. Protonun içindeki hafif partonlar ağır partonlardan daha fazladır. Birbiriyle etkileşmeyen partonların yüksüz olanları da vardır. Yüksüz partonlar gluonlardır. Bunlar protonun toplam enerjisinin bir kısmını taşırlar. Proton elektron çarpışmasında elektron partonlardan birine çarparak onu protonun dışına atar. Partonlar kısa menzilli davranış içindedir. Bir protonda birçok parton bulunur.

Baryonlar sınıfına giren ve birer parton olan kuarklar maddenin en temel parçacığıdır. Üç adet kuark birleşerek baryonu, bir kuark ve bir antikuark birleşerek mesonu meydana getirir. Bir kuarkın çapı 10^{-18} metreden daha küçüktür. Kuarklar birleşerek sonunda bütün hadronları şekillendirir. Bunlar yarım açısal momentuma sahip ağır parçacıklardır. Elektrona benzemelerine rağmen, elektrik yükleri elektronun yükünün çok küçük katındadır.

Altı tür kuark olan, yukarı, aşağı, tuhaf, tılsımlı, dip ve tepe kuarklarının her birinin sahip olduğu elektrik yükü, pozitif veya negatif olmak üzere bir elektron yükünün kesri kadardır. Kuarklar, bir parçacık oluşturmak için birleştiklerinde, toplam yük ya sıfır yada elektron yükünün tam sayılı katları haline gelir. Bir kuarkın en belirgin özelliği pozitif veya negatif yüklü olması ve taşıdığı yükün miktarıdır.

Elektrik yükü +1 olan bir proton, iki tane +2/3 yüklü yukarı kuark ve bir tane -1/3 yüklü aşağı kuarkın birleşmesinden oluşur. Yükü sıfır olan nötron ise, iki tane -1/3 yüklü aşağı kuark ve bir tane +2/3 yüklü yukarı kuarkın birleşmesinden meydana gelir. Böylece protonun yükü +1, nötronunki ise sıfır olmuş olur.

Sonuç olarak, bütün hadronlar üç adet kuark veya antikuarkın birleşmesinden, baryonlar üç adet kuarkın

birleşmesinden, mesonlar ise bir kuark ve bir antikuarkın birleşmesinden meydana gelmiştir. Lambda parçacığı bir yukarı, bir tuhaf ve bir aşağı kuarktan, pion parçacığı bir anti-yukarı ve bir aşağı kuarktan, kaon parçacığı bir anti-yukarı ve bir tuhaf kuarktan oluşur. Hadronlar içinde farklı yörüngelerde birbiri etrafında dönen kuarklar böylece farklı kombinasyonlarda birleşerek çeşitli parçacıkları meydana getirir.

Kuarklar farklı kütlelere sahip olup, farklı kütleleri hadronlardaki kütle farklılıklarını oluşturur. Aşağı kuark, yukarı kuarktan daha ağır olduğundan nötronlar protonlardan daha kütlelidir. Yine aynı sebepten dolayı, baryonlar mesonlardan daha ağırdır. Kuarklar içinde en hafif olanı yukarı kuark, en ağırı ise, 1994'de gözlenmiş olan tepe kuarktır. Yukarı ve aşağı kuarklar en az kütleli olanlardır. Tılsımlı kuark bunlardan 50 defa daha ağır, dip kuark ise, tepe kuarktan daha hafif, fakat diğerlerinden daha ağırdır. Tepe kuark bir protondan 200 defa daha kütlelidir. J/psi tılsımlı kuarka verilen bir isimdir.

Keşfedilme sıraları, yukarı, aşağı, tuhaf, tılsımlı, dip ve tepe olan kuarklar, hiçbir zaman kendi başlarına serbest olarak bulunmazlar. Onlar hadron parçacıklarının içlerinde gizlenmiş ve hapsedilmiş durumdadır. Hadron parçacıkları parçalandıkça kuarklar da parçalanan parçacıkların içlerinde gizlenmeye devam eder. Kuarklar ancak diğer kuarklarla bir arada iken çok güçlü çarpıştırıcılarda 'yapay' olarak gözlenebilir. Bir proton parçalandığında mesonlar, baryonlar ve bunların anti parçacıkları açığa çıkar, kuarklar ise bunların içlerinde gizli kalır.

Pozitron-elektron çarpışmasında kuark ve antikuarkların hareketlerinin iki jet şeklinde izleri elde edilir, fakat kendileri görülemez. Henüz hiç kimse serbest bir kuark görememiştir. Çok yüksek enerjilerde bir baryon içindeki üç kuark ayrılmaya

mecbur edilince, bir kuark ve bir antikuarktan oluşan bir meson meydana gelir. Baryon içinde hala üç adet kuark vardır.

Altı adet kuarktan her biri farklı bir renge sahiptir. Renkleri kırmızı, yeşil ve mavi olup, bunların fiziki renklerle bir ilişkisi yoktur. Bu renkler üçlü, ikili gruplar halinde birleşen farklı kuarkların birleşme kombinasyonlarını tanzim eder ve sonuçta bir hadron, üç rengin karışımı olan beyaz ışığı teşkil eder.

Baryonlar, grubunun başka bir parçacığı olan gluon'lar kuarkları hadronların içinde bir arada tutar. Kuarkları birbirine bağlayarak proton ve nötronlardan her birini oluşturan ve dolayısıyla maddeyi bir arada tutan gluonlardır. Gluonlar birer elastik şerit gibi davranır. İki kuarkın arasında elastik gluon bandı vardır. İki kuarkı birbirinden uzaklaştırdıkça gluon bandı uzar fakat o uzadıkça onu biraz daha uzatmak daha fazla zorlaşır. İki kuarkın arasındaki mesafe uzadıkça gluonların aralarındaki kuvvet de artar. Bu yüzden kuarkları birbirinden ayırmak imkansızdır. İki kuarkın birbirinden uzaklaşabileceği en büyük mesafe 10^{-15} metredir.

Bir gluonun her iki başında birer kuark yer alır. Bir gluon ikiye ayrıldığında, ayrılan parçaların uçlarında yeni birer kuark oluşur. Gluon birden fazla parçaya ayrılınca, ayrılan her parçanın her birinin her iki tarafında yeni kuarklar meydana gelir. Bu bantların kopmasıyla içlerinde kuark ve antikuarkların bulunduğu yeni hadronlar şekillenir. Kuarklar gibi gluonlar da asla görülemezler.

Gluonlar renklerine göre sekiz farklı türdedir. Bir gluon diğer bir gluonla etkileşimde bulunur. Kırmızı, yeşil, mavi ve bunların karşıt renklerdeki gluonlar, yine kuarkların benzer renkteki yükleri ile etkileşerek kuarkların kombinasyonlarını tanzim ederler. Kuarkların rengi, kuarkın gluonla olan teması sırasında değişir. Aynı zamanda bir boson parçacığı olan gluonların kütleleri yoktur. Yükleri ise renklerle ifade edilir.

Hadron parçacıkları arasında 254 adet parçacık tanımlanmıştır. En hafif hadron yüksüz pion, en ağırı ise upsilon mesonudur. En kararsız hadron N-baryonu olup, yaşam süresi 10^{-24} saniye, en kararlı olanı ise 10^{32} yıl ile protondur. Renksiz olan hadronlar kırmızı, yeşil ve mavi kuarklardan birer adet veya bir kuark ve onun karşıtı renkteki başka bir kuarktan oluşurlar.

Diğer bir grup olan leptonlar hafif parçacıklardır. Leptonlar grubuna giren parçacıklar, elektron, nötrino, muon ve tau'dur. Leptonlar da kuarklar gibi, maddeyi oluşturan temel parçacıklardır. Kuarkların hadronlar içinde gizlenmiş olmalarına karşılık leptonlar, atom çekirdeğinin dışında serbestçe dolaşırlar.

Birer lepton olan elektronlar, çekirdeğin etrafındaki belli yörüngelerde döner. Elektrik yük miktarı protonla aynı fakat negatiftir, kararlı bir parçacıktır. Doğadaki en hafif parçacıklardan biridir. Elektronun karşı parçacığına 'Positron' adı verilir. Positron, elektron ile aynı kütle ve spin'e sahip olmasına rağmen elektrik yükü pozitiftir. Bir elektron ile Positron karşılaştıklarında birbirlerini yok eder ve enerjileri foton parçacığına, yani bir ışınıma dönüşür. Positronlar doğada nadir bulunur ve yaşam süreleri kısadır. İki elektronun bir arada bulunma ihtimali sıfırdır. Yani Pauli dışlama ilkesine uyarlar.

Muon parçacığı leptonlar grubunun diğer bir üyesidir. Bir muon bir elektrondan 205 defa daha kütlelidir. Muon'a mu-meson da denir. Elektrona çok benzeyen muon uzaydan gelen kozmik ışınların içinde bol miktarda bulunur. Muon negatif elektrik yüküne, antimuon ise pozitif yüke sahiptir. Bir muonun ömrü 10^{-6} saniye gibi kısa bir süredir. Bozunan bir muon bir elektron ile iki tane nötrino parçacığına dönüşür. Muon ise, kendisine benzer bir kütleye sahip olan pionun bozunmasıyla oluşur. Bu olurken muonun yanında bir de nötrino açığa çıkar.

Tau parçacığı leptonlar içinde en ağır olanıdır. Elektronun 3500 katı olan tau, protondan bile ağırdır. Taunun bozunmasından nötrino açığa çıkar. Negatif elektrik yüküne sahip olan taunun yaşam süresi 10^{-12} saniyedir.

Nötrino elektrik yükü bulunmayan bir leptondur. Kütlesi ise hemen hemen hiçbir şeydir. Kütlelerinin sıfıra çok yakın olmaları nedeniyle, atomların çekirdeğine çarpmadan yüzlerce ışık yılı kalınlığındaki cisimlerin içinden kolayca geçip gidebilirler. Nötrinoların soğurulmaları için tamamının atomların çekirdek- lerine doğrudan çarpmaları gerekir ki bu da imkansızdır. Nötrinolar beta bozunmasından ortaya çıkar.

Güneş'in merkezinde üretilen nötrinoların yüzeye çıkması iki saniye sürer. Yine kütlelerinin bir hiçliği yüzünden ışık hızında yol alabilen ikinci parçacıktır. Bir nötrino yakalamak çok zordur. Reaktörlerde yapılan deneylerde bir santimetrelik bir alana her bir saniye içinde trilyonlarca nötrino gelmesine rağmen onlardan sadece üç tanesi gözlenebilmektedir. Nötrino, bu yüzden, kendisini matematiksel olarak bulan Pauli'den 25 yıl sonra keşfedilebilmiştir.

Elektrondan çok daha hafif olan nötrino, bazı parçacıkların bozunmalarıyla açığa çıkar. Yarım açısal momentuma ve sol yöne sahip nötrinoların üç türü bulunur. Bunlar, elektron nötrinosu, muon nötrinosu ve tau nötrinosudur. Bunlardan sadece elektron nötrinosunun kütlesi sıfıra yakın bir değer olarak ölçülebilmektedir. Bir nötrinonun kütlesi 10^{-32} gram olarak hesaplanmıştır. Diğer ikisinin kütlesi ise sıfır olarak kabul edilir. Hepsinin elektrik yükü sıfırdır.

Bosonlar, Pauli'nin dışlama prensibine uymayan, tam spin sayılı parçacıklar grubudur. Foton, graviton, gluon, W ve Z parçacıkları bu gruba girer. Alpha parçacıkları ve kütle sayısı bulunan bütün çekirdek parçacıkları birer bosondur. Bosonlar, kuvvet taşıyan parçacıklar olarak da adlandırılabilirler.

Bir boson olan foton, kütlesi sıfır ve ışık hızında yol alan ve ışığı oluşturan bir parçacıktır. Sıfır olarak kabul edilen hareketli fotonun kütlesi $3x10^{-27}$ eV'dir. Kütle enerjisi birimi olan 1 eV=1. $7826627x10^{-36}$ kg'dır. Elektrik yükü bulunmaz ve birbirleriyle etkileşime girmezler. Elektromanyetik radyasyonun enerji paketi, yani kuantasıdır. İki fotonun bir arada bulunması ihtimali vardır. Yani, Pauli dışlama ilkesine uymazlar. Açısal momentumları 1'dir.

Fotonlar iki elektronun ve positronun aralarındaki etkileşimden ortaya çıkar. Karşı parçacığı bulunmayan nadir parçacıklardandır. Zira, herhangi bir elektrik yükü yoktur. Yine kütlesi sıfır olduğundan ışık hızı ile gider. Milyarlarca derecelik sıcaklıklarda kütlesiz fotonların son derece küçük olan enerjileri yükselir ve bu sıcaklıktaki fotonların çarpışmalarından elektron ve positron oluşur.

Mutlak sıfırın üstündeki bütün cisimler foton çıkarırlar. Cisim soğudukça çıkan fotonlar da zayıflar. Madde ile kolayca etkileşime giren foton parçacıklarının hızı cisimlerin içinden geçerken yavaşlar, bazen tamamen soğurulurlar. Güneş'in merkezinde yaratılan bir fotonun yüzeye ulaşması bir milyon yıl sürer.

Graviton, gravitasyonun bir kuantası olup, teorik bir parçacıktır. Henüz bir graviton tespit edilememiştir. Graviton radyasyonu üretmek için geçerli enerji miktarı ise henüz bilinmemektedir. Herhangi bir yükleri yoktur. $4.3x10^{-34}$ eV olan kütleleri sıfır olarak kabul edilir. Bu sayı halen bilinen 'en alt' limittir. Foton gibi ışık hızında yol alırlar. Karşı parçacığı yoktur. Pauli dışlama ilkesine uymazlar.

Birer boson olan W ve Z parçacıkları çekirdek içindeki zayıf nükleer kuvvetin kuantalarıdır. Bu parçacıklar 1970'lerde elektromanyetik ve zayıf kuvvetlerin birleştirilmesiyle bulunmuştur. Kuvvet taşıyan W parçacığı elektrik yüklü, onun

karşıtı olan Z ise yüksüzdür. Spin'leri 1'dir. Beta bozunmasında, yani nötronun protona dönüşmesinde, nötron iki aşağı ve bir yukarı kuarka, proton da iki yukarı bir aşağı kuarka dönüşürken, aşağı kuarklar W parçacığı açığa çıkarır. Kuarklar arasındaki etkileşimden ortaya çıkan pozitif yüklü W ve negatif yüklü W'dir.

Yüklü W parçacıklarına karşın yüksüz olan Z parçacığı kuarkların yükünü değiştiremez. Z parçacığı buna karşılık, aşağı ve yukarı kuark, elektron ve nötrino ile etkileşerek nötr-akımı meydana getirir. Nötr akımda, Z parçacığı nötrinoyu elektrona dönüştürür. Bunlar ağır parçacıklardır. Bir protondan 100 defa daha ağırdırlar. Z parçacığı 91.17 eV'luk kütlesi ile bütün parçacıklar içinde 'en ağır' olanıdır. Ayrıca, 10^{-25} saniyelik ömrü ile 'en kısa' yaşam süresi olan parçacıktır.

Alpha parçacığı, iki proton ve iki nötron ihtiva eden helyum atomunun çekirdeğidir. Bir boson olan alpha kuvvet taşır. Radyo-aktif bozunmalarla meydana çıkar.

Higgs parçacığı da bir boson olup W ve Z parçacıklarına kütle taşır. İngiliz Peter Higgs tarafından bulunan bu parçacık elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvvetlerin birleşmesiyle oluşan elektrozayıf kuvvetin parçacığıdır.

Bütün bu parçacıkların dışında ayrıca mevcudiyetleri teorik olarak kabul edilenler de bulunmaktadır. Bunlardan biri takyon'dur. Takyonun kütlesi yoktur. Minumum 'ışığın hızı' ile, maksimum 'sonsuz hızla' yol alır. Bu yüzden takyonlar sanal sayılarla ifade edilir. Kütlesi ve büyüklüğü sanal sayılarla ifade edilen ve negatif çekime sahip bir takyonu göz önünde canlandırmak mümkün değildir. Enerjisi sıfır olan bir takyon parçacığı, dolayısıyla, sonsuz hızda gidebilir. Takyona enerji verildikçe hızı yavaşlar, sonsuz enerji ile itilince hızı ışık hızına iner. Takyonun hızı hiçbir zaman ışık hızının altına düşmez.

İplikler (strings), gluonları meydana getiren evrenin en küçük parçacıklarıdır. Bir ipliğin boyu 10^{-35} metre veya bir protonun boyundan 10^{20} kat daha küçüktür. Tardiyon ışık hızından daha düşük hızlarda yol alan parçacıklara verilen bir isimdir. Takyon ve iplik parçacıkları matematiksel olarak tespit edilmiş olup, deneysel olarak nasıl bulunabilecekleri henüz bilinmemektedir.

Her parçacığın, kendisinden daha küçük başka parçacıklardan oluştuğu anlaşılmaktadır. Birbirinin içine girmiş parçacık sayısının, paralel evrenler teorisinde olduğu gibi, sonsuz olması gerektiğine dair teoriler halen bilim adamlarınca geliştirilmektedir.

STANDART MODEL

Evrendeki bütün maddeler, en temel parçacıklar olan 12 adet parçacığın birleşmesinden meydana gelmiştir. Bu 12 tane parçacığın 6'sı kuark, 6'sı ise lepton parçacıklarıdır. Doğadaki her şey, kuark ve leptonların birleşmesinden şekillenmiştir. Kuarklar güçlü nükleer kuvvetin etkisi altında, leptonlar ise zayıf nükleer kuvvetin etkisi altındadır. Kuark ve leptonların oluşturdukları birleşimlere 'standart model' adı verilir. Standart modelle açıklanan sistemde 12 adet parçacık üç adet dörtlü gruba ayrılır:

1’ci grup: yukarı kuark + aşağı kuark + elektron + elektron nötrinosu’dur. Bu grup, günlük yaşamda çevremizde gördüğümüz ‘normal’ maddeyi oluşturur. Yukarı ve aşağı kuarkların birleşmesinden proton ve nötronlar meydana gelir. Proton ve nötronlar atomun çekirdeğini oluşturur. Atom çekirdeği elektronla birleşerek bütün bir atomu, atomlar aralarında birleşerek molekülleri, onlarda doğadaki 92 adet elementi ve yarım milyonun üzerindeki kimyasal bileşimleri meydana getirir. Civarımızdaki görünen maddenin temeli ve yapısı budur.

2’ci grup : tuhaf kuark + tılsımlı kuark + muon + muon nötrinosu’dur.

3’cü grup: tepe kuark + dip kuark + tau + tau nötrinosu’dur.

Son iki grubun parçacıkları kararsız ve dayanıksızdır. Bunların oluşturdukları madde gözle görülemez ve sadece kozmik ışınların içinde ve yüksek enerjili deneylerde elde edilebilir.

Standart modelle izah edilen madde yine de tam değildir. Zira sistemde çok fazla boşluklar bulunmaktadır. Gravitasyonun parçacığı sisteme sokulamamaktadır. Bunun yanında üç adet daha kuarkın bulunması muhtemeldir. İleride imal edilecek daha güçlü çarpıştırıcıların göstereceği yeni parçacıklarla modelin revizyonu gerekebilecektir. Şu andaki bilgilerimiz kuarklar, leptonlar ve gluonları maddenin en temel parçacıkları olarak göstermektedir.

QED / QCD

Atomun içindeki parçacıkların ortaya çıkması üzerine Kuantum Elektrodinamiği (QED) ve Kuantum Kromodinamiği (QCD) olarak adlandırılan yeni bilim dalları bulundu. QED,

1920'lerde kuantum mekaniğini başlatan Heisenberg, Dirac, Jordan ve Pauli tarafından ileri sürüldü ve 1940'ların sonlarında Richard Feynman, Sin Itiro Tomonaga, Julian Schwinger gibi bilim adamlarınca geliştirildi. QED, elektronlarla ışık fotonları arasındaki etkileşimleri açıklamaktadır. Buna 'Alan' (gauge) Teorisi de denir. Zira, olay elektrik ve manyetik alanlarda olmaktadır ve foton parçacığı elektromanyetik alanın bir kuantasıdır. Lepton parçacıklarının elektromanyetik özelliklerini çok yüksek hassasiyette inceleyen bu teori bütün fiziksel doğa olaylarını açıklayabilmektedir.

Bilim tarihinin en başarılı teorilerinden olan QED'deki hassasiyetlere bir örnek, elektronun manyetik moment değeridir. Elektronun manyetik momenti, teoride kuramsal değeri olan 2.0023193048(8) çıkmasına karşılık aynı değer deneylerde 2.0023193048(4) olarak bulunmuştur. İki sayı arasındaki fark hemen hemen bir hiçtir. Parçacıkların spin, manyetik moment gibi özelliklerinin kuramsal ve deneysel değerlerinin tam bir uyum içinde çıkması teoriyi başarılı kılmaktadır.

Elektromanyetizma, kuantum mekaniği ve relativiteyi birleştiren QED, çift yarık deneyinde delikli ekranın arkasına konan ince bir metal plakanın, yarıkların her ikisini veya birini kapatması hallerinde meydana gelen değişik ve tuhaf elektron dağılımlarını izah edebilmektedir. İnce levha yerine aynı bölgelere konan manyetik bir cisim veya manyetik bir levha durumundaki dağılımlar da aynı açıklamalara girmektedir. QED'nin ortaya çıkması ile, ilerideki bölümde açıklanacak zayıf ve güçlü nükleer kuvvetlerle ilgili teoriler kurulabilmiştir. Çok ileri matematiksel denklemlerle izah edilen QED'ne Feynman kolay anlaşılır şekilleri sokmuştur. Bunlara 'Feynman Diyagramları' adı verilir. Feynman diyagramları, elektron,

foton, kuark gibi parçacıkların uzay-zaman içindeki etkileşimlerini açıklar.

1960'larda kuarklar arasında mevcut ve onları birbirine bağlayan güçlü bir kuvvetin bulunabileceği düşünüldü. Proton ve nötronların içindeki kuarkları neyin bir arada tuttuğu hakkındaki teoriler 1970'lerde ele alındı ve kuarkların renk yükleri teorisi geliştirildi. Bu teoriye Kuantum Kromodinamiği (QCD) adı verildi. Kromo, eski Yunanca'da renk anlamına gelmektedir. QCD, 1980'lerde CERN'de denendi ve açıklığa kavuştu.

QCD, kuarklar arasındaki kuvvetleri inceler ve renklerle ifade edilir. Güçlü nükleer kuvvetin teorisi olan QCD, parçacıkları deneylerde gözleyebilen QED'den çok farklı ve ondan çok daha zor bir teoridir. Bu teori gözle görülemeyen kuarklarla ilgilidir. Çok kurnazlıkla yapılan QCD'de üç kuarkın birbiri ile olan veya bir kuarkın bir antikuarkla olan etkileşimleri gözlenmektedir. Gözlenemeyen serbest kuarkların etkileşimleri ise spekülatif fizikle açıklanmaktadır.

QCD, çekirdeğin içindeki yüzlerce parçacığın bir sınıflandırmasını yapmaktadır. Teoriye göre kuarkların üç rengi vardır. Kırmızı, yeşil ve mavi olan bu renkler kuarkların yüklerini temsil eder. Kuarkların renk yüklerini birbirine birleştiren sekiz adet gluon parçacığıdır. Gluonlar kuvvet taşıyıcı parçacıklar olup kuarklara bir yapışkan gibi yapışırlar. Gluonların da renkleri vardır. Gluonlar kuarkların birbirlerinden ayrılmalarını imkansız kılan birer elastik tel gibi davranır. İki kuark birbirinden uzaklaşınca gluonların gücü uzaklıkla artar. Kuarklar uzaklaştıkça aralarındaki kuvvet daha çok artar. İki kuark bir proton boyunun ötesine gidemez.

QCD, kuarkların birbirinden uzaklaşmalarını açıklamayı başarmıştır. Fakat aralarındaki kuvvetin mesafe ile nasıl

çoğaldığını açıklayamamıştır. Bu yüzden, bir kuark belki de hiçbir zaman görülemeyecektir.

Doğayı Ayakta Tutan Kuvvetler

Ağaçtan elmanın düştüğünü gören Newton elmanın, kendisinden daha büyük kütleye sahip, Dünya tarafından yere doğru çekildiğini anlamıştı. Acaba Ay da, aynı nedenle mi kendisinden daha büyük olan Dünya'nın etrafında, uzaklara kaçamadan, milyarlarca yıldan beri dönüp duruyordu?

Newton, ağacın dalında sabit duran elmanın, yeryüzü tarafından 'çekildiği' için düştüğünü, Ay'ın da dönmesinden oluşan karşı kuvvet tarafından 'dengelendiği' için yere düşemediğini ve keza uzaklaşamadığını da bulan ilk insan oldu.

1666'da hesaplarını yayınlayan Newton, evrendeki her cismin diğer bir cismi kendisine doğru çektiğini belirtti ve buna 'gravitasyon kuvveti' ismini verdi. Newton, evrensel gravitasyon yasalarını ve çekim kuvvetinin formüllerini çıkardı, fakat bu çekime 'neyin' sebep olduğunu ise bilemedi.

Bir büyük cismin yüzeyindeki çekimin, o cismin bütün kütlesinin sanki merkezinde toplanmış gibi olacağını söyleyen Newton, iki cisim arasındaki gravitasyon kuvvetinin, cisimlerin kütlelerinin çarpımının aralarındaki mesafenin karesine bölümüne eşit olacağını belirtti. Bu değer ayrıca, bir sabit sayı ile çarpılacaktı. Evrensel 'gravitasyon sabiti' adı verilen bu değer daha sonra 1798 yılında İngiliz Henry Cavendish tarafından hesap edilecekti.

İngiliz Michael Faraday, hareket eden elektrik akımının bir manyetizma ve hareket eden mıknatısın da bir elektrik akımı oluşturduğunu göstermişti. Önceleri elektrik ve manyetizmanın iki farklı olay olduğuna inanılıyordu. İskoçyalı bilim adamı James Clerk Maxwell her iki olayı bir elektromanyetik alan içinde birleştirerek, onun matematiksel denklemlerini kurdu. Maxwell'in alan kavramında, bir takım elektrik yüklü parçacıkların gerilmelere sebep olduğu ve bu parçacıkların uzayda ışık hızı ile yol aldığı öngörüldü. Maxwell, 1864'de elektrik ve manyetik alanlar içindeki bu kuvvetlerin 'elektromanyetik kuvvetin' iki bileşeni olduğunu diferansiyel denklemlerle ispat etti.

1930'ların başlarında gravitasyon ve elektromanyetik kuvvetlerin mevcudiyeti artık biliniyordu. 1932 yılında nötronun keşfedilmesiyle atomun çekirdeğinin, pozitif yüklü protonlarla yüksüz nötronların bir araya gelmesinden oluştuğu anlaşılmış oldu. Bu durum beraberinde başka bir problemi getirdi. Aynı pozitif yüke sahip protonların birbirlerini derhal itmeleri gerekiyordu. Bir elektrik yüküne sahip bulunmayan nötronlar, protonların bir birlerini itmelerini önleyemezdi. Dolayısıyla atom çekirdeğinin patlaması gerekirdi. Elektromanyetik kuvvetin bu duruma herhangi bir faydası olamazdı. Bilinen diğer kuvvet olan gravitasyon ise atom boyutunda hissedilemeyecek kadar küçüktü. Bilinen bir gerçek

ise, atom çekirdeğindeki protonlar ve nötronlar çok sıkı bir şekilde bir arada tutuluyorlar ve atom dağılmıyordu.

1932'de Werner Heisenberg yeni bir model ileri sürdü. Modelinde, protonlar ve nötronlar arasında devamlı değişen bağlayıcı bir enerjinin bulunduğunu, nötronun proton ve elektronun bir kombinasyonu olduğunu ve elektronun nükleer gücün temelini teşkil ettiğini ileri sürdü. 1932 yılında Japon Hideki Yukawa, Heisenberg'in modelini ele aldı. Yukawa, aynen, fotonların elektromanyetik kuvvette oynadığı rol gibi, proton ve nötronları bir arada tutan kuvvetin bir takım haberci parçacıklarla gerçekleştirildiğini düşündü. Parçacıklar ne kadar hafif olursa, o kadar uzun yaşar ve o kadar uzun menzilli olurlardı. Ağır, haberci parçacıkların menzilleri ise, kısa olmalıydı.

Bu sıralarda Enrico Fermi beta bozunmasını bularak bir nötronun, bir elektron ve bir nötrino açığa çıkararak, nasıl bir protona dönüştüğünü göstermişti. Yukawa önce problemin çözüldüğünü, proton ile nötron arasındaki gücün bir elektron-nötrino çifti ile sağlandığını düşündü. Yaptığı hesaplar bu sistemin çekirdeği bir arada tutamayacak kadar zayıf olduğunu gösterdi ve bu fikirden hemen vaz geçti.

1935 yılının bir gecesi Yukawa aniden, son derece kısa bir aralıkta etkili olan nükleer kuvvetin bir santimetrenin milyon defa milyonda birinin ufak bir kesri kadar olması gerektiğini anladı. Böyle bir aralıktaki kuvvet bir elektronun yüzlerce katı ağırlıktaki bir parçacık tarafından taşınması gerekiyordu. Yukawa bu haberci ve kuvvet taşıyan parçacığa meson, yani orta ağırlıktaki parçacık adını verdi. Mesonun, protondan hafif, elektrondan daha ağır olması gerekiyordu. Hem pozitif hem de negatif elektrik yüküne sahiptiler. Mesonlar, protonlarla nötronlar arasında gidip geliyor, onları bir arada tutuyorlardı.

Sahip oldukları güç yüzünden çekirdekten kolayca dışarı çıkarılamazlardı.

Yukawa'nın mesonuna benzeyen bir parçacık ilk defa 1947'de İngiliz Cecil Frank Powell tarafından kozmik ışınlar içinde tanımlandı. Tam bir ispati ise 1948 yılında Amerikalı Emilio Segre tarafından, çekirdeğin nötronlarca bombardımanı esnasında keşfedilmesi ile yapıldı. Yukawa ile birlikte çekirdek içindeki 'güçlü nükleer kuvvette keşfedilmiş oldu.

Çekirdeğindeki nötron sayısı protondan fazla olan atomlar radyoaktiviteye sebep oluyorlardı. Bu olay sırasında nötron protona dönüşüyor ve hızlı bir elektron fırlatıyordu. Bu olayda protonla nötronu birbirinden ayırmaya çalışan bir kuvvet olmalıydı. Böyle bir kuvvet çekirdeğin dayanıklılığını bozmalıydı. Çekirdeğin bu tür bozunması Fermi'nin Beta Teorisinden beri biliniyordu. Yapılan hesaplar çekirdekteki bu 'zayıf kuvvetin' çok kısa menzilli olduğunu ve çok ağır elektrik yüklü parçacıklarla taşındığını gösteriyordu.

Zayıf nükleer kuvveti taşıyan parçacığın, elektrik yüklü W ve onun yüksüz karşılığı olan Z olduğu 1961'de anlaşılmıştı. Zayıf kuvvetin bir belirtisi uzun bir süre yakalanamadı.1973'de bu parçacıklar da güçlü çarpıştırıcılarda keşfedildi. Yapılan deneylerde, W parçacığı nötronu bir protona dönüştürerek elektron ile nötrinoyu açığa çıkarmıştı. W ve Z parçacıkları bir protondan 100 defa daha ağır olduğundan onları kolayca bozabiliyordu. Zayıf nükleer kuvveti bulma şerefi Çinli bilim adamları olan Tsung Dao Lee, Chen Ning Yang, Chien Shiung Wu ile birlikte Macar E. Paul Wigner'e ait olmuştu.

1666'da Newton gravitasyon kuvvetini, 1864'de Maxwell elektromanyetik kuvveti, 1935'de Yukawa güçlü nükleer kuvveti ve 1960'ların başında da Çinli bilim adamları zayıf nükleer kuvveti bulmuşlardı. Doğa bu 'dört temel' kuvvetin üzerinde kurulmuştu ve evrendeki sistem bunların içinde

işliyordu. Acaba beşinci bir temel kuvvet mevcut muydu? Beşinci bir kuvvet bulunamadı, onun mevcudiyetini ifade eden bir belirtiye bile rastlanmadı henüz. Fakat, çok önemli bir şey yapıldı ve elektromanyetik kuvvetle, zayıf nükleer kuvvet birleştirildi. Bu iki kuvvetin tek bir kuvvetin bileşenleri olduğu anlaşıldı. Aynen 1864'de Maxwell'in elektrik ve manyetik kuvvetleri birleştirdiği gibi.

1950'lerde doğadaki cisimlerin bir simetri içinde bulundukları ve temel kuvvetlerin de kendi simetrilerine sahip bulundukları düşünüldü. 1956'da Julian Schwinger elektromanyetizma ve zayıf kuvvetlere simetri fikrini tatbik etti ve iki kuvvetin arasında bir ilişki bulunabileceğine inandı.

1961 yılında öğrencisi Amerikalı Sheldon Glashow bu iki kuvvet üzerinde çalışmaya başladı. Glashow'un öngördüğü yüksüz Z parçacığının yanında pozitif ve negatif yüklü iki tane W parçacığı da bulunmalıydı. Elektromanyetik kuvvetin parçacığı olan sıfır kütleli fotona karşılık bu üç parçacık çok fazla kütle içeriyordu. Bu durum iki kuvvet arasındaki simetriyi bozuyordu. Sıfır kütleye sahip fotonun taşıdığı elektromanyetik kuvvetin matematiksel hesapları bir simetri gösterirken, ağır parçacıklar olan W ve Z'nin taşıdığı zayıf nükleer kuvvetin hesapları aynı simetriyi vermiyordu.

Glashow'dan başka, Amerikalı Steven Weinberg ve Pakistanlı Abdus Salam birbirinden habersiz aynı konu üzerinde çalışıyorlardı. Bu bilim adamları iki kuvvetin alanlarının bir simetri içinde bulunduğunu ve bu müşterek simetrinin nasıl bozulduğunu gösterdiler. Simetri vardı fakat gizlenmişti. 1967'de Weinberg ve Salam, elektromanyetik ve zayıf kuvvet arasındaki simetrinin aniden bozulmasında W ve Z parçacıklarının o ağır kütlelerinin meydana çıktığını ileri sürdüler.

Bu sıralarda İskoçyalı Peter Higgs yeni bir kuvvet alanının varlığını öngörmüştü. Higgs alanı evrende her yerde vardı ve zayıf kuvvetin alanı ile ilişkiliydi. Bu alan, W ve Z parçacıklarına, onların sahip bulundukları büyük kütleleri veriyordu. Fotonlar bu alandan etkilenmiyordu. Yüksek enerjilerde Higgs alanı aniden kayboluyor ve W, Z parçacıkları fotonlar gibi davranarak belirsiz oluyorlar, sonra Higgs alanı içinde ise birden hantal ağır parçacıklar olarak ortaya çıkıyorlardı.

Weinberg ve Salam, Higgs alanında iki kuvvetin simetrisinin bozulabileceğini ve W, Z parçacıklarının gözükeceğini söylediler. Yüksek enerjilerde ise Higgs alanı yok oluyor, W ve Z parçacıkları foton gibi davranıyordu. Hollandalı Gerard't Hooft alanın matematiksel denklemlerini çıkardı. Elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvvet alanları arasındaki simetri anlaşılmıştı. İki kuvvet birleştirilmiş ve adına 'elektrozayıf kuvvet' denmişti.

1984 yılında CERN'de yapılan proton-antiproton çarpışmasında görülen W ve Z parçacıklarıyla elektrozayıf kuvvetin deneysel teyidi de yapılmış oldu. Her iki kuvvet düşük enerjilerde farklı fakat yüksek enerjilerde tek bir kuvvet olarak görülüyordu.

Elektromanyetizma ve zayıf nükleer kuvvetin birleşmesinden oluşan elektrozayıf teorinin bulunmasından sonra, elektrozayıf ve güçlü nükleer kuvvetin de aynı simetri içinde birleştirilmesi için çalışmalar başladı. Bu, evrenin nasıl ve neden oluştuğunu anlamak için bir ileri adım olacaktı. Elektrozayıf ve güçlü nükleer kuvvetler de birleştirildiği takdirde, bunların kolları olduğu tek kuvvete 'Büyük Bileşik Kuvvet', (GUT-Grand Unified Theory) adı verilecekti.

Sheldon Glashow en basit GUT için, son derece ağır olan kuvvet taşıyan parçacıkların gerektiğini ileri sürdü ve bunları X

parçacıkları diye adlandırdı. Bu parçacıkların her biri, bir gramın 20 milyonda biri gibi son derece ağır olmalıydılar. Böyle bir parçacığı elde etmek için gerekli enerjide bir çarpıştırıcı ise imal edilemezdi. Bu büyüklükteki enerji sadece Büyük Patlamanın ilk saniyelerinde bulunuyordu.

Büyük Patlama'nın ilk saniyelerinde kuarklar birbirlerine daha yakın konumdaydı ve güçlü nükleer kuvvet daha kısa menzilli ve daha zayıftı. Bu sıralarda, güçlü ve zayıf kuvvetler birleşik durumdaydı. Kuark ve leptonlar henüz bir aradaydı ve tek kuvvetin parçacığı olan X, protondan 10^{15} defa daha ağırdı.

Büyük Patlamanın 10^{-34}'cü saniyesinde ortaya çıkan ve sonra kaybolan GUT'u deneyle bulmanın direkt olmayan bir yolu vardır: GUT durumunda kuarklarla leptonlar birleşiktir. O seviyede kuarklarla leptonlar birbirinin yerini alabilir ve böylece protonlar leptonlara bozunabilir. Protonların yaşam süresi 10^{32} yıl, yani evrenin şimdiki yaşının milyarlarca katı olup, protonun veya evrenin birden yok olması ihtimali ise sıfırdır. Eğer yeterli sayıda proton bir araya getirilebilirse bir protonun, gamma ışınlarının patlamasına benzer şekilde ölmesini gözleme şansı küçük de olsa mevcuttur.

100 yıl yaşayan bir kimse 10^{32} yıl yaşayan protonlardan sadece bir tanesinin vücudundan yok olduğunu görebilir. Şu ana kadar bir protonun bozunması için yapılan bütün deneyler başarısız oldu. Fakat bu, GUT Teorisi için beslenen ümitleri henüz yok etmedi. Fizikçiler hala GUT'un peşindeler.

GUT'un bulunmasıyla iş bitmeyecektir. Ondan sonra gravitasyon kuvveti sıradadır. GUT ile gravitasyonun birleştirilmesi gündeme gelecektir. Bu ikisinin birleşmesinden ortaya çıkacak tek bir kuvvet 'Her şeyin Teorisi', (TOE-Theory of Everything) olarak adlandırılmaktadır. TOE artık her şeyi açıklayacak, Büyük Patlamadan önce nelerin bulunduğunu, onu neyin patlatmış olduğunu izah edecektir.

Fakat TOE bizler için imkansız görülmektedir. Çünkü, henüz gravitasyonun parçacığı olan graviton keşfedilemedi. Diğer bütün kuvvetlerin kuantum mekaniği kapsamında açıklaması yapılmış olmasına karşılık, gravitasyonla kuantum mekaniği arasındaki bağlantı henüz kurulamadı. TOE'yi elde etmek için yapılacak bir deneyin gerektirdiği enerji miktarı insanoğlunun düşünce ve imkan sınırının çok ötesindedir.

Çalışma yaşamının büyük bir kısmını elektromanyetizma ile gravitasyonun birleştirilmesine harcayan Einstein bu konuda, 1920'lerden öldüğü yıl olan 1955'e kadar çalıştı. Einstein'ın 'son rüyası' Evrenin Teorisini bulabilmekti. Einstein Evrenin Teorisinde başarılı olamadı. Çünkü zayıf ve güçlü nükleer kuvvetlere önem vermemişti.

Einstein, Newton'un gravitasyon kuvvetini yenilemişti. Buna göre cisimler birbirlerini kendilerinden kaynaklanan bir şeyle çekmiyorlar, onun yerine, ağır cisimlerin uzayda meydana getirdiği çukurlara hafif cisimler çekiliyordu. Bu yeni buluş doğruydu. Teorisi, uzay, zaman ve hareket yasalarına yeni bir anlayış getirmişti. Ayrıca, üç boyutun yanına bir de dördüncü boyut olan zamanı koymuştu. Eğer bir beşinci boyut bulunabilirse elektromanyetizma ile gravitasyon birleştirilebilirdi. O zaman da, kuvvetler birleşebilir ve evren bilmecesini çözebilirdi. Fakat bu sıralarda kuvvetlerden sadece ikisi, gravitasyon ve elektromanyetizma biliniyordu. Güçlü ve zayıf nükleer kuvvetler henüz keşfedilmemişti. Evrenin tanımlanması için bunların bilinmesi de şarttı. Bu iki kuvvet kuantum mekaniğinin içinde açıklanıyordu ve Einstein ise kuantum teorisini kabul etmiyordu.

Einstein çok uğraştı fakat bu konuda ileri gidemedi. Einstein'dan yirmi yıl sonra fizikçiler elektromanyetik ve zayıf kuvvetleri birleştirmeyi başardılar. Şimdi de elektrozayıf ile güçlü nükleer kuvveti birleştirmeye çalışıyorlar. Daha sonra

GUT ile gravitasyonu birleştirmek için uğraşacaklar ve Einstein'ın son rüyasını gerçekleştirmeye çalışacaklar. Acaba olacak mı?

Doğada bulunan dört çeşit temel kuvvetlerin keşfedilme sırası, gravitasyon, elektromanyetik, güçlü nükleer ve zayıf nükleer kuvvetlerdir. Şu ana kadar bu dört kuvvetten biri ile izah edilmemiş hiç bir doğa olayı ile karşılaşılmamıştır. Bu durum, yine de, insanoğlunun henüz göremediği ve anlayamadığı doğa olaylarını kontrol eden bir 'beşinci' kuvvetin mevcut olmadığını ifade etmez.

Büyük Patlamanın sıfıra en yakın saniyesinde bütün bu kuvvetler tek bir kuvvet halindeydi. Patlamanın ilk saniyesinin kesri gibi bir zamanda maddenin parçacıkları şekillenmeye başladı ve tek kuvvet birleşenlere ayrıldı. Gluonlar, kuarklar, fotonlar, graviton ve diğer parçacıkların oluşmasıyla dört kuvvet birbirinden ayrıldı ve doğayı kontrol etmeye başladı.

Kuvvetler kendilerine ait özel parçacıklarla temsil edilmektedir. İki cisim arasındaki kuvvet, o kuvvete ait olan özel bir parçacığın iki cisim arasındaki alış verişinden meydana gelir. Bu özel parçacığa o kuvvetin 'kuantası' veya 'parçacığı' denir. Bir kuvvetin şiddeti, onun kuantasının sahip olduğu enerji miktarına bağlıdır. Atom içindeki parçacıklar, bu dört kuvvetten biri veya birkaçından etkilenir ve etkilendikleri kuvvetlerin doğrultusunda hareket ederler. Onların bu kontrollü davranışları da gözlediğimiz doğa olaylarını meydana getirir.

Gravitasyon kuvveti dört kuvvet içinde en zayıf olanıdır. Bir kütlesi bulunan her cisim bu kuvvetin özelliğini taşır. Newton tarafından bulunan gravitasyon, çekici bir kuvvet olup, daima çeker. Cismin kütlesi büyüdükçe gravitasyon kuvveti de artar. Bu kuvveti taşıyan parçacık olan graviton, yüksüz ve kütlesizdir.

Gravitasyonu taşıyan graviton parçacığının menzili sıfırdan sonsuza kadar gider. Bir gravitonu yakalamak henüz mümkün olmamıştır. Bunun sebebi gravitonun etkisinin son derece zayıf olmasıdır. Bir gravitonun gücü 10^{-38}'dir. Evrendeki her parçacık, kütlesi ve enerjisine göre gravitondan etkilenir.

Yeryüzü üzerindeki her cisim arasında bulunan bu kuvvet pratikte anlaşılamaz, çünkü aşırı zayıftır. Çok yüksek sıcaklıklarda parçacıkların enerjileri büyüyünce aralarındaki gravitasyon kuvveti de belirginleşir. Gravitasyon, evrenin ilk saniyesinin çok küçük bir kesrinde, yaklaşık 10^{32} derece sıcaklıkta çok şiddetliydi. Gravitasyonun gözlemlenebilmesi için kütlenin çok büyük olması gerekir. Gök cisimleri arasında gravitasyon çok belirgin durumdadır. Tek bir parçacığın gravitasyon gücü ise çok küçüktür. Fakat parçacıklar bir araya gelip Güneş'i oluşturunca, hepsinin toplam gravitasyonu o kadar büyük olur ki, etrafında dönen bütün gezegenler ondan kopup uzaya kaçamazlar.

Yeryüzü üzerindeki cisim ve insanlar gravitasyondan dolayı üzerinde kalabilmektedir. Dünya'nın etrafında dönen Ay da aynı sebepten yörüngesinin dışına çıkamaz. Kütlesi büyük olan her şey daha az kütleli her şeyi kendine doğru çeker. Kütle büyüdükçe çekim gücü artar. Evrendeki bütün gök cisimleri bu kuvvet sayesinde yerlerinde durmaktadır. Evrenin yapısı bu kuvvetle şekillenmiştir.

Evrenin en zayıf fakat en yaygın kuvveti olan gravitasyon evrenin 15 milyar yıllık yaşamının tamamında etkindi. Büyük Patlamanın 10^{-43}'cü saniyesinde ortaya çıktı. Ortaya çıkan ilk kuvvettir. Bu sırada evrenin sıcaklığı 10^{32} derece, genişliği de 10^{-32} metre idi. Gravitasyonun diğer bir özelliği de iki cisim arasındaki uzaklıktır. Uzaklık azaldıkça gravitasyon kuvveti büyür.

Gravitasyon kuvveti birden bire ortadan kalksaydı, o zaman, Dünya Güneş'ten ayrılır, Ay Dünya'dan kopar ve yeryüzü üzerindeki her şey uzay boşluğuna fırlardı. Gravitasyon şimdikinden daha az güçlü olsaydı, madde yoğunlaşamaz ve evren tamamen boş olurdu. Şimdikinden daha fazla olsaydı, o zaman da, gök cisimleri kendi ağırlıkları altında daha çabuk çökerek zamanından önce yok olurlardı.

Maxwell tarafından bulunan elektromanyetik kuvvet, elektrik ve manyetik alanlar içinde etkili olan, hem çeken hem iten bir kuvvettir. Bu durum, kuvvetin etkisi içinde olan cisimlerin sahip oldukları elektrik yüklerinin cinsine bağlıdır. Eğer cisimlerin yükleri aynı ise birbirini iter, farklı türden ise birbirini çekerler. Bu kuvvet sadece yüklü parçacıklar arasında etkilidir.

Elektromanyetik kuvvetin parçacığı fotondur. Foton, protonla elektron arasında durmadan gidip gelerek elektronu çekirdek etrafındaki yörüngesinde tutar. Bu sırada fotonlar ışık olarak atomun dışına çıkarak kendilerini gösterir. Fotonların menzili sonsuzdur ve ışık hızında yol alırlar.

Atom ve moleküllerin yapısını şekillendiren elektromanyetik kuvvet, gravitasyon kuvvetinden 10^{38} defa daha güçlüdür. Gravi- tasyondan çok güçlü fakat diğer iki kuvvetten daha küçük olan bu kuvvetin bağladığı elektronlar, çekirdek etrafındaki yörüngelerinden kolayca koparılıp serbest duruma getirilebilirler. Özel Relativite ve Kuantum Mekaniği kapsamındaki Kuantum Elektrodinamiği (QED) içinde incelenen bu kuvvet, kuvvetler içinde en iyi tanınanıdır.

Gravitasyonun daima çekmesine ve cisimlerin kütlelerine bağlı olmasına karşılık, elektromanyetik kuvvetin şiddeti cisimlerin elektrik yüklerinin miktarına bağlıdır. Yükler ne kadar şiddetli olursa çekme veya itme de o kadar büyük olur. Bu kuvvet yüzünden atom çekirdeğindeki aynı cins yüke sahip

protonlar birbirini iterler. Gravitasyon yüzünden de birbirlerini çekerler. Elektromanyetik kuvvetin gravitasyondan daha büyük olması nedeniyle, normalde, protonların birbirinden ayrılıp uzayda dağılmaları gerekirdi. Bu dağılmayı önleyen güçlü nükleer kuvvettir.

Eğer elektromanyetik kuvvet birden ortadan kalksaydı, o zaman, elektron uzaklara kaçar, protonlar da birbirlerine yapışırdı ve madde sadece protonlardan yapılmış dev bir çekirdek haline gelirdi. Elektromanyetik kuvvet Büyük Patlamanın 10^{-8}'ci saniyesinde, evren 10^{15} derece sıcaklıktayken ortaya çıktı.

Keşfedilme sırasına göre üçüncü temel kuvvet güçlü nükleer kuvvettir. Bu kuvvet doğadaki kuvvetler içinde en güçlü olanıdır. Güçlü nükleer kuvvetin görevi proton ve nötronları atom çekirdeği içinde bir arada tutmaktır. Çekirdekteki protonların hepsi pozitif yüklü olduklarından elektromanyetik kuvvetin etkisi ile birbirini iter. Güçlü nükleer kuvvet elektromanyetik kuvvetten çok daha güçlü olduğundan bu kuvveti yener ve protonların birbirinden kopmalarını önler.

Güçlü kuvvet sayesinde atom çekirdeği dağılmaksızın bir arada tutulur. Protonlardan başka yüksüz olan nötronlar da bu kuvvetle bir arada tutulur. Dolayısıyla, güçlü nükleer kuvvet herhangi bir yüke bağlı değildir. Protonlarla nötronların bir arada kalması da bu kuvvet sayesinde gerçekleşir.

Güçlü kuvvetin parçacığı gluon'lardır. Gluonların herhangi bir kütlesi yoktur ve renklerle ifade edilen yükleri bulunur. Bu renk yükleri kuarkları, dolayısıyla nükleonları birbirine sıkıca bağlar. Gluonların renk yükleri sekiz adet farklı tür gluonun etkileşimini sağlayarak kuarklar arasındaki alış verişi meydana getirir. Bu etkileşimler Kuantum Kromodinamiği (QCD) Teorisi kapsamında incelenir. QCD'nin sonuçları, elektromanyetik etkileşimleri inceleyen QED'nin sonuçlarından

oldukça farklıdır. QCD'nin en büyük özelliklerinden biri, iki kuarkın arası açıldıkça aralarındaki kuvvetin büyümesidir.

Güçlü nükleer kuvvetin menzili 10^{-15} metredir. Bu kadar kısa menzil yüzünden güçlü kuvvet çekirdeğin dışına çıkamaz ve sadece çekirdek boyutunda etkili olur. Güçlü nükleer kuvvetten etkilenen parçacıklar hadron grubuna giren parçacıklardır. Elektron, muon, nötrino gibi leptonlar ise bu kuvvetin etkisi dışındadır.

Güçlü nükleer kuvvet, Yukawa'nın, kuvvet alanının parçacığı olan mesonu bulmasıyla ortaya çıkmıştır. Kuvvetin menzili itibariyle bir proton, nötron veya bu kuvvetin içine giren her hadronun boyu da en fazla 10^{-15} metre kadardır. Güçlü nükleer kuvvet, elektromanyetik kuvvetten 100 kat daha büyüktür. Gravitasyondan ise 10^{40} defa daha büyüktür.

Çevremizdeki bütün cisimler bu kuvvet sayesinde kararlı ve dengeli bir şekilde durmaktadır. Güçlü kuvvet aniden ortadan kalksaydı, o zaman, kuarklar dağılır, proton ve nötronlar uzaya fırlar ve atom yok olurdu. Madde şimdikinden çok farklı olurdu. Büyük Patlama anında ortaya çıkan tek bir kuvvetten, ilk saniyelerde ayrılan bu kuvvet, kuark ve leptonları birleştirmiş ve evrenin dengesini sağlamıştır. Güçlü nükleer kuvvet Büyük Patlamanın 10^{-35}'ci saniyesinde ortaya çıktı. Evren bu sırada 10^{23} derece sıcaklıkta bir tenis topu büyüklüğündeydi.

Kuvvetlerin dördüncüsü zayıf nükleer kuvvettir**.** Bu kuvvet proton ile nötron arasında etkilidir. Nötron bir protona dönüşünce protonun yükü değişir ve bir elektron ile nötrino açığa çıkar. Bu bir radyoaktivite olayıdır. Bu durum, çekirdekteki nötronların sayısı protonlardan fazla olunca meydana gelir. O zaman atomun şekli değişir ve başka bir elementin atomu haline gelir. Bütün bu olayları yapan zayıf

nükleer kuvvettir. Radyoaktivite ile zayıf kuvvet de bozulmuş olur.

Zayıf nükleer kuvvetin menzili 10^{-17} metredir. Parçacıkları pozitif ve negatif yükleri olan W parçacıkları ile yükü bulunmayan Z parçacığıdır. Bu parçacıklar, bir protonun 100 katı olan, çok ağır parçacıklardır. Bütün lepton parçacıkları zayıf nükleer kuvvetin etkisi altındadır. Zayıf nükleer, Büyük Patlamanın 10^{-8}'ci saniyesinde elektromanyetik kuvvetle birlikte, elektrozayıf kuvvetin parçalanmasıyla ortaya çıktı.

Gravitasyondan 10^{35} kat daha fazla, elektromanyetik kuvvetten bin defa daha zayıf ve güçlü nükleer kuvvetten 100.000 defa daha küçük olan bu kuvvet sadece atom boyutlarında etkili olup pratikte hissedilemez. Zayıf kuvvet aniden ortadan kalksaydı, o zaman, radyoaktivite olamazdı ve madde şimdikinden çok farklı olurdu. Radyoaktivite olmayınca da yıldızların ışığı oluşmaz ve yeryüzünde yaşam bulunmazdı.

Gravitasyonu gravitonlar, elektromanyetizmayı fotonlar, güçlü kuvveti gluonlar ve zayıf kuvveti de W, Z parçacıkları taşır. Bu haberci parçacıkların dışındaki parçacıkların çoğu kuvvetlerin bir veya birkaçından etkilenir ve onların kontrolleri altında hareket ederler. Kütlesi olan her parçacık graviton kuvvetinin etkisi altındadır. Leptonlar sadece zayıf ve elektromanyetik kuvvetlerden, hadronlar güçlü, elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvvetlerden, elektrik yükleri bulunmayan nötrinolar ise zayıf kuvvetten etkilenirler.

Gravitasyon kuvveti evren boyutlarında, elektromanyetik kuvvet bir atom boyutunda, güçlü ve zayıf nükleer kuvvetler ise kendilerini atom çekirdeği boyutlarında gösterirler ve bu boyutlar içindeki cisimleri kontrol ederler.

Doğayı kontrol eden ve ayakta tutan bu dört kuvvet arasında son derece hassas bir denge bulunmaktadır. Güçlü nükleer kuvvet olduğundan birazcık daha az güçlü olsaydı, hidrojenin

dışında hiçbir element var olamazdı. Eğer güçlü kuvvet elektromanyetik kuvvetten biraz daha büyük olsaydı hidrojen dahil hiç bir element var olamazdı ve yıldızlar bugünkünden çok farklı şekillerde olurdu. Eğer gravitasyon kuvveti daha zayıf olsaydı evren daha küçük ve kısa ömürlü olurdu. Bu takdirde yıldızlar Güneş'in milyarlarca katı büyüklükte olur ve ömürleri sadece birkaç yıl sürerdi.

Elektrik ve manyetik kuvvetlerin Maxwell tarafından birleştirilip elektromanyetik kuvvet adını almasından sonra son yıllarda elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvvetler de birleştirildi ve adına 'elektrozayıf kuvvet' dendi. Bunlar tek bir kuvvetin iki elemanıydılar. Elektrozayıf kuvvetin W ve Z parçacıklarının 1984'de CERN'de keşfedilmesiyle teori ispat edilmiş oldu.

Şimdiki adım, elektrozayıf ile güçlü nükleer kuvveti birleştirerek GUT-Büyük Bileşik Kuvveti bulmaktır. GUT'u elde etmek için şu anda ulaşılan 1000 GeV'lik çarpıştırıcı enerjilerinin yeterli olup olmayacağı henüz bilinmemektedir. Yapılan hesaplar bu iş için gerekli enerji miktarını 10^{15} GeV olarak göstermektedir. Protonun içine gizlenmiş kuarkları dışarı çıkarıp görmek için gerekli enerji, belki de, bundan daha fazla olacaktır.

Büyük Patlama sırasında ilk önce gravitasyon kuvveti ortaya çıktı ve evrenin şekillenmesinde ilk rolü oynadı. Gravitasyonun ayrılmasıyla yalnız kalan GUT, biraz sonra iki bileşenine ayrıldı, elektrozayıf ve güçlü nükleer kuvvetler. Ondan hemen sonra da elektrozayıf kuvvet, elektromanyetik ve zayıf nükleer olmak üzere parçalandı. Bütün bu olaylar bir saniye gibi kısa bir süre içinde gerçekleşti. Patlamanın 10^{-43} ile 10^{-33}'cü saniyeleri arasında ise kuvvetler tek bir kuvvet halindeydi ve

henüz birbirlerinden ayrılmamıştı. Evrenle ilgili bütün sır bu dar zaman aralığında yatmaktadır.

GUT'da başarı sağlandıktan sonra, sıra TOE-Her Şeyin Teorisi'ne gelecektir. TOE'de, GUT ile gravitasyon kuvveti de birleşmiş durumdadır. TOE, şu andaki düşünce kapasitemizin dışında olup, bunun için gerekli enerjinin miktarı henüz bilinmemektedir. Böyle bir enerji, sonsuz yoğunluktaki bir noktayı patlatıp bugünkü evreni şekillendiren ve nereden geldiğini bilemediğimiz o korkunç enerjiye yakın bir enerji olmalıdır. Bu enerji de bulunup TOE elde edilince, evren problemi çözülmüş, her şey anlaşılmış ve bilim tamamlanmış olacaktır.

Her Şey İpliğe Bağlı

Evren dört eksenlidir. Bunlardan üçü uzay, biri ise zamandır. Uzayda bir pozisyonu tarif etmek için üç eksen yeterli olmaktadır. Uzay-zamandaki bir yeri tarif etmek için ise zaman ekseni ilave edilir. Dolayısıyla uzay-zaman dört eksenle ifade edilir.

İki eksenli uzayda bir nokta iki koordinatla (x ve y) belirlenir. Eğer bir derinlik veya yükseklik de gösterilmek istenirse, o zaman sistem üç eksenli olur ve üçüncü koordinat (z) dahil edilir. İki eksenli uzayda ancak düz cisimler görülebilir. Galaksiler ise üç eksenli bir uzayda görülebilir. Bir küp üç eksenlidir. Her köşesinden üç kenar çıkar, bütün açıları eşit ve diktir. Bir küp iki eksende gösterildiğinde her köşesinden üç kenar çıkar fakat küp iki eksenli yüzeye sıkıştırılmış, açıları ve kenarları artık eşit olmaktan çıkmış olur. Küp, dört eksende gösterildiğinde, her köşesinden dört kenar çıkar ve küp bir hiperküp olur. Açıları eşittir.

Modern kozmoloji evrende dörtten fazla eksen bulunduğunu öngörür. Uzayın dördüncü eksenini hayal etmek zor değildir. Fakat, beş ve beşten fazla ekseni düşünmek ise çok zordur. Eksen adedi, gerçek olup olmadığına bakılmaksızın matematiksel olarak artırılabilir. Uzayın bu ekstra eksenleri temel parçacıklarla ilgili bir takım yeni teorileri geliştirmiştir. Son 20 yılda, 10, 11 ve daha fazla sayıdaki eksenlerin mevcudiyeti tartışılmaktadır.

1950'lerin sonlarında, temel kuvvetler üzerinde yapılan çalışmalar matematiksel 'simetri' fikrini ortaya çıkardı. Daha sonra, her kuvvetin kendi özel simetrisine sahip olduğu anlaşıldı. Doğadaki birçok cisim, görünen geometrik simetriye haizdir. Bir insan vücudunun sağ ve sol tarafı simetriktir. Bir kar tanesi altı köşeli simetriye haizdir. Bazı simetriler ise görülemez ve 'alan simetrisi' deyimi içinde matematiksel olarak ifade edilir.

Simetri, geometrik şekillerde olduğu kadar fiziksel miktarlarda da geçerlidir. Bir şeyin sıcaklığı 10 derece yükseldiği zaman onun 15 dereceden mi yoksa 60 dereceden mi, 10 derece yükseldiği önemli değildir. 10 derecelik sıcaklık artışının etkisi her iki başlangıç noktasından da aynıdır. Her iki durumda da simetri mevcuttur. Ölçüm noktasının ayarı simetriyi bozamaz.

Atomun içindeki parçacıklar da bir simetri içinde davranırlar. Buna karşılık bazı ağır parçacıklar sistemin simetrisini bozar. Bir zamanlar tek bir kuvvet halinde bulunan elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvvetler simetrinin bozulması sonucu iki ayrı kuvvet halinde şekillenmiştir. O zamanlar bir arada bulunan kuarklar ve leptonların yerine, birleşik tek kuvvetin habercisi, protondan 10^{15} defa daha ağır olan, X parçacığı tarafından yerine getiriliyordu. X parçacığının parçalanması ile, kütlesiz ve yüksüz foton ile çok ağır olan W

ve Z parçacıkları meydana geldi ve bunlar da elektromanyetik ve zayıf kuvvetlerin taşıyıcıları oldular. Bu teori, son zamanlarda elektrozayıf kuvvetin bulunmasıyla teyit edilmiş oldu.

Evrendeki simetri 'ayar alanı' kuramları ile izah edilmektedir. Bu kuramın 1950'lerde bulunmasıyla, önce foton ve elektronların aralarındaki etkileşimleri tanımlayan Kuantum Elektrodinamiği, sonra da kuarklar arasındaki etkileşimleri tanımlayan Kuantum Kromodinamiği Teorileri keşfedildi. Daha sonra Kuantum Mekaniği ile Einstein'ın Özel Relativitesi birleştirildi. Simetrinin, Kuantum Mekaniğine tatbik edilmesiyle de Ayar Alan Kuramı ortaya çıktı. Böylece, doğa yasaları ve dört temel kuvvetin aralarındaki ilişkiler anlaşılır hale geldi.

Büyük Patlamanın ilk anlarında, dört temel kuvvettin tek birleşik bir kuvvet halinde bulunduğu zamanda, evrende 'mutlak' bir simetri mevcuttu. Evren genişledikçe, kuvvetler birbirinden ayrıldı ve simetri bozuldu. Simetrinin bozulmasıyla ayar alanı bileşenlerine ayrıldı ve bu farklı bileşenler doğanın çeşitli yasalarını kontrol etmeye başladı.

Birbirinden ayrılan temel kuvvetlerin parçacıkları da, bozulan simetrinin içinde, farklı kütle ve enerjilerde şekillendiler. Elektromanyetik kuvvetin parçacığı olan foton kütlesiz olarak devam etti. Zayıf nükleer kuvvetin parçacıkları olan, pozitif ve negatif yüke sahip W'ler ile yükü bulunmayan Z aşırı kütle kazandılar. Güçlü nükleer kuvvetin taşıyıcıları olan kuarklar da başlangıçta çok ağır olan şekillerinden parçalanarak şimdiki durumlarına, yani farklı kütle ve enerjilerdeki kuark ve gluonlara dönüştüler. Bir zamanlar eşit olan kuark ve leptonlar birbirinden ayrılarak farklı durumlara geldi ve şimdiki maddeyi oluşturdular.

Bütün bunlar, bir zamanlar mevcut olan simetrinin bozulmasıyla meydana gelmiştir. Simetri bozuldukça evren soğudu ve genişledi, evren genişledikçe simetri daha da bozuldu. Böylece galaksiler, yıldızlar şekillendi ve gezegenlerin üzerinde yaşam olanakları gelişti.

Elektromanyetik, zayıf ve güçlü nükleer kuvvetlerin taşıyıcı parçacıkları arasında kurulan bu senaryo GUT Teorisi kapsamında uyumlu çıkmaktadır. Gravitasyon kuvvetinin taşıyıcısı olan graviton parçacığı ise senaryoda bir sır olarak kalmaya devam etmektedir. Gravitasyonun TOE'den ayrılan ilk kuvvet olduğu bilinmektedir. Fakat parçacığı olan graviton henüz tespit edilememiştir. Simetriyi ilk bozan ve TOE'den ilk ayrılan kuvvet olan gravitasyonun parçacığı gravitonun sıfıra yakın enerjisinden dolayı onu tespit edecek enerjinin sonsuza yakın olması gerekir. Bu pek mümkün görülmemektedir.

Gravitonu yakalayabilmek için bir takım deneyler yapıldı. Gravitasyon kuvvetinin radyasyonu da diğer dalgalar gibi yayıldığına göre bunların habercileri olan gravitonlar uzayda mevcut bulunmalıydılar. Bunları keşfetmek TOE Kuramı için gerekliydi. Amerikalı Joseph Weber, 4 ton ağırlığındaki saf alüminyumdan büyük bir silindir rulo imal etti ve ona son derece hassas detektörler bağladı. Bu büyüklükteki saf alüminyum rulo, deprem dalgaları, trafik titreşimleri gibi günlük etkilere karşı dayanıklıydı. Fakat rulo, uzaydaki büyük gök cisimlerinden gelen gravitasyonel dalgalardan etkilenecek ve bu dalgaların etkisiyle sıkışıp genişleyerek bir zil sesi çıkaracaktı. Fakat rulo bir şey göstermedi ve deney başarısızlıkla sonuçlandı.

Daha sonra gravitonların tutulması için daha hassas deneyler geliştirildi. Bunlardan en tanınmışı 3 kilometre uzunluğundaki paslanmaz çelik boru içinden geçirilen iki laser ışınıydı. Işınlar boru içinde ileri geri giderek sonunda birleşecek ve dalgaları

birbiri ile girişim yapacaktı. Bu arada dışarıdan gelen gravitonlar ışınlar arasındaki uzayı kısaltıp genişleterek kendilerini belli edeceklerdi. Bu arada, yeryüzü üzerindeki hareketlerden gelen etkiler sadece ışınlardan birini etkileyecek, diğeri ise aynı kalacaktı. Gravitonlar ise bütün detektörleri etkileyecekti. Bu deneyde, 1974 yılında uzaktaki bir pulsar yıldızının periyodunda meydana gelen değişiklikten oluşan gravitasyon dalgası gözlenebildi.

Son derece zayıf olan gravitasyon kuvvetinin parçacıkları gravitonlar, Planck zamanı olan 10^{-43} saniye içinde enerji kazanırlar. Bu parçacıklar 10^{-43} saniyelik bir süre içinde Planck uzunluğu olan 10^{-32} milimetre kadar yol alır. Bu uzunluğa ışık hızında gitmelerine rağmen ancak ulaşabilirler. Planck zamanı ve uzunluğunun daha arkasında, bugünkü bilgilerime göre, henüz evren bulunmuyordu. Hesaplar bu noktada durmaktadır.

Şu anda dört boyutlu bir evrenin içinde yaşamaktayız. Dört boyuttan üçü uzayı belirleyen en, boy ve yükseklik, dördüncüsü ise Einstein'ın 1915'de getirdiği zamandır. İçinde bulunduğumuz uzay üç koordinatın belirlediği üç boyutla tarif edilir. Uzay-zaman içindeki bir olayın tarifi için ayrıca, zaman boyutu bunlara dahil edilir. Sonuçta uzay-zaman dört boyutludur. Matematiksel hesaplar ise evrende bundan daha fazla boyut bulunduğunu göstermektedir. Peki, bu diğer boyutlar nerede bulunuyor ?

1920'lerde Polonyalı Theodor Kaluza ekstra boyutlar üzerinde uğraşarak, Einstein'ın dört boyutlu uzayına gravitasyonun yanında elektromanyetizmayı da tatbik etti. Dört boyutlu evrende gravitasyon ve elektromanyetizmanın farklı şeyler olduğunu, dört boyutlu uzaya bir beşinci boyutun eklenmesiyle oluşacak beş boyutlu uzayda ise, bunların aynı şeyin değişik görünüşleri olduğunu gösterdi. Beşinci boyutla, gravitasyon ve elektromanyetizma birleştirilmişti.

İsveçli Oscar Klein 1926'da, beşinci boyutun algılanamayacak şekilde kıvrılıp bükülmüş olduğunu ileri sürdü. Kıvrılan bu ekstra boyut ise Dünya üzerinde yaşayanlarca görülemezdi. Bu şekilde kıvrılmış ve bükülmüş 10, 11 veya daha fazla boyut evrende bulunmaktaydı.

1960'larda kuarkların maddenin temel parçacıkları olduğunun anlaşılmasıyla boyut konusuna yeni bir açıdan bakıldı. Atom altı parçacıkların davranışları konuya dahil edildi. İtalyan Gabriele Veneziano, parçacıkların titreşen ve dönen 'sicimler' halinde bulunduklarını, elastik sicimlerin çekirdeği bir arada tuttuğunu ileri sürdü.

Diğer parçacıklar olmasa bile gravitonlar bu Sicim Teorisine uydu. Gravitasyonun parçacıkları olan gravitonlar için teori geçerliydi ve Sicim Teorisi gerçekte bir Gravitasyon Teorisi olmuştu. 1970'lerde yeni teoriler ortaya atıldı. Bunlardan biri kuarkları birbirine bağlayan gluonlarla ilgiliydi. Bu teorilerde simetri önemli rol oynadı. Simetri tanımı da geliştirilerek 'süper simetri' fikri yaratıldı. Süper simetri, iki büyük parçacık grubunu, fotonlar gibi tam sayılı spin'lere haiz bosonlarla, proton ve elektron gibi kesirli sayıda spin'lere sahip fermiyonları birleştirdi. Süper simetrinin içine, Einstein'ın uzay-zamanının dört ekseninden daha çok sayıda eksen girdi.

Süpersimetri, 1'i zaman, 10'u uzaya ait toplam 11 boyutu öngörür. Süpersimetride bosonlar fermiyonlara, fermiyonlar da bosonlara dönüşür. Yani, süpersimetri uzay-zamanda Bunları birleştirir. Bu bir Süper-Gravitasyon Teorisi'dir.

Bu arada, 1984'de Amerikalı John Schwarz ve İngiliz Michael Green 'Süpersicim Teorisini' ortaya attılar ve matematiksel denklemlerini çıkardılar. Süpersicimde parçacıklar süpersimetriye uymak zorundadır. Bu teoride parçacıklar kapalı halkaların titreşimleri şeklinde öngörülür. Bunlar, açık sicimler olarak da ifade edilebilirler. Açık sicimler

ve kapalı gerilmiş, bükülmüş sicimler farklı parçacıkların oluşumunu sağlayan Süpersicim Teorisinde birleşirler. Sicimlerin uzunlukları ise Planck uzunluğu olan 10^{-32} milimetre, yani bir protondan 10^{20} defa daha kısadır. Sicimlerin titreşimleri foton gibi kütlesiz parçacıkları etkileyerek bir halka şekline dönüşür ve graviton gibi diğer tür kütlesiz parçacıkları harekete geçirir.

Teoriye göre, halka etrafında saat yönünde hareket eden titreşimler 10 boyutlu, saat ibresinin tersi yönünde hareket edenler ise 26 boyutludur. 26 boyut orijinal 'Sicim Teorisini', 10 boyut ise 'Süpersicim Teorisini' ifade eder. Bu boyutlar içinde sicimlerin etkileşimleri atom altı parçacıkların ve kuvvetleri taşıyan haberci kuantaların kuantum davranışlarını meydana getirir. Teoriye göre, maddenin 'en temel' yapısı sicimlerdir. Birbirinin aynısı olan sicimlerin titreşim şekilleri farklıdır. İçinde özel parçacıkları içeren tüpler birleştiğinde veya parçalandığında, parçacıklar da çarpışmakta veya yaratılmaktadır.

Süpersicim Teorisi 10 boyutlu uzayı öngörür. Bildiğimiz uzay-zaman ise sadece 4 boyuta sahiptir. Geriye kalan 6 boyut, 10^{-32} mm boyunda kıvrılmış durumdadır. Bunun sebebi henüz bilinmemektedir. Yapılan tahminlere göre, Büyük Patlamanın ilk anlarında bütün boyutlar bir aradaydı, eşit öneme sahipti ve kıvrılmış durumdaydı. Daha sonra bir takım nedenlerden dolayı bunlardan sadece üçü algılanabilir ölçüde şimdiki evrenin ölçüsüne uygun olarak açıldı ve şimdiki uzayı oluşturdu. Kıvrık halde kalan diğer boyutlar ise 10^{-32} mm boyundaki sicimler ölçüsünde ve son derece güçlü kıvrımlar şeklinde devam etmektedir.

Işık hızında yol alan bir parçacığın bu gizli boyutlardan biri içinde gidip başlangıç noktasına geri dönmesi 10^{-43} saniyeden daha kısa bir süre içinde olduğundan, o parçacığın yokluğu asla

görülememektedir. Heisenberg belirsizlik ilkesine göre, böyle kısa uzaklıklar sadece son derece büyük enerjilerde görülebilir. Planck uzunluğu için gerekli enerji ise Big Bang'dan sonra mevcut olmamıştır. Bu büyüklükteki bir enerji de sadece Büyük Patlamanın ilk anlarında mevcuttu. Böyle bir enerjinin yaratılması ile Her Şeyin Teorisi olan TOE elde edilecektir.

Süpersicim Teorisinin enteresan bir düşüncesi de, hiç akla gelmeyen bir maddenin geçmişte mevcut olmuş olmasıdır. Buna 'gölge madde' adı verilir. Böyle bir madde, şu anda evrende bulunduğuna inanılan ve henüz keşfedilemeyen 'kayıp kütlenin' karşılığı olacaktır.

Önceleri 26 boyutta başlayan Sicim Teorisi 1980'lerde 10 boyuta indirilerek Süpersicim Teorisine dönüştürüldü. Şu anda yapılan çalışmalar 6 boyutu da eleyip, içinde yaşadığımız evrenin 4 boyutuna indirgemek ve TOE'ye ulaşmak üzerinedir. Bu durumda dört temel kuvvet birleştirilmiş olacaktır. Teori, her şeyin en temeli olan TOE-Her Şeyin Teorisine açılan kapıdır.

Süpersicim'e alternatif olarak 1988'de 'Süperzar Teorisi' ortaya atıldı. Süperzar Teorisi de 11 boyutlu süpersimetrik bir uzay-zamanı öngörmektedir. Sicimler bu teoride de mevcuttur, fakat zar şeklindedir. Bu teorinin gayesi, süpersicim gibi, uzay-zamanın boyutunu 4 boyuta indirgemektir.

Dışa Bakış

BIG BANG, Dünü Olmayan Gün 1927-1990
EINSTEIN, Modern Kozmoloji 1905-1915
Kozmos, Evren Gerçeği 1530-1990
Galaksiler, Evrendeki Adalar 1784-1978
Kuasar, Evrenin Kralı 1963-1989
Yıldızlar da Ölür 1838-1993
Karadelik, En Korkuncu .....
1783-1972
Karadeliğin Arkası 1960-1996
Güneş ve Ailesi 1609-1994
Dünya, Bizim Ev ..... MÖ 240-1960
Uzaklarda Kimse Var mı? 1973-1990
Evrensel Haberleşme 1907-1996
Kaçmak Mümkün mü? 1957-1997
Her Şeyin Sonu 1922-1993

BIG BANG:
Dün'ü Olmayan Gün

Henüz, daha bir 'gün' yokken bir 'patlama' oldu.

Bu, insan aklının asla düşünemeyeceği şiddette bir patlamaydı. Sonsuz küçük bir hacmin içine sıkıştırılmış, sonsuz yoğunlukta ve sonsuz sıcaklıktaki 'bir şey' birden patladı. Patlama ile birlikte, o hacim içindeki düşünülemeyecek büyüklükteki enerji serbest kaldı ve korkunç bir hızla etrafa yayılmaya başladı. Böylece 'zaman' başladı, 'mekan' oluştu ve 'madde' şekillendi. Her şeyin başlangıcı ve patlamaların en büyüğü olan bu olaya 'Büyük Patlama' veya 'Big Bang' adı verilir.

Büyük Patlama Teorisi 40 yıl boyunca tartışıldı. Sonunda delilleri bulundu, ispatları yapıldı ve son 35 yıldır bir karşıtı çıkarılamadı. Büyük Patlama, evrenin oluşumu ile ilgili bugünün tek ve en ciddi teorisidir. İnanılması zor da olsa,

içinde enerji, uzay ve maddenin bulunduğu evrenimiz tek bir noktanın müthiş bir patlamasıyla meydana gelmişti. Son 80 yıl içinde geliştirilen modern kozmoloji, parçacık fiziği, relativite ve kuantum mekaniği yardımıyla ve delilleriyle açıklanan Büyük Patlama konusunda artık bir şüphe kalmamıştır.

Büyük Patlamadan önce ne vardı, sonsuz yoğunluk ve sıcaklıktaki o muazzam maddeyi, o iğne başından küçük hacmin içine kim sıkıştırmıştı, ne zamandan beri oradaydı, bu kadar büyük miktardaki madde nereden toplanmıştı, patlamayı kim yapmıştı? Bütün bunların sebebi neydi, bir nokta niçin patlamıştı?

Kim yaptı, neden yaptı, nasıl oldu sorularından sadece 'nasıl oldu'nun patlamadan sonraki safhasını biliyoruz. Büyük Patlamanın 10^{-43}'cü saniyesinden bugüne kadar geçen süre içindeki bütün olayları net bir kesinlikle izah edebiliyoruz. 10^{-43}'cü saniye ile sıfır saniye arasında bilim yetersiz kalıyor ve yasalar geçerliliğini kaybediyor. Sıfırıncı saniye ve arkasının izahı ile 'kim neden yaptı'ya tek bir cevap bulabiliyoruz: **Bir Yaratıcı !**

SENARYO :

Zaman sıfır iken, patlayan sonsuza yakın küçüklükteki noktanın sıcaklığı ve yoğunluğu sonsuzdur. Sıfır ile 10^{-43} saniyesi arasında geçen süre hakkında bir bilgi mevcut değildir ve hiç bir zaman da olamayacaktır. Bu aralıkta, insanoğlunun bildiği yasalar geçerliliğini kaybetmektedir.

Hikayemiz, 10^{-43}'cü saniyeden itibaren başlar. 10^{-43}'cü saniyede, yani birinci saniyenin 10 milyon kere trilyon kere trilyon kere trilyonda birinde bizim bildiğimiz 'zaman' başlar. Bu andaki evrenin sıcaklığı 10^{32} derece, yani bir milyar defa trilyon defa trilyonun çarpımı, oluşan uzayın çapı da 10^{-32}

metre, yani bir metrenin milyar kere trilyon kere trilyonda biri kadardır.

Bu anda, evren bir atom çekirdeğinden 10^{20} defa daha küçüktür. 10^{-43}'cü saniye insanoğlunun bilebildiği en küçük zaman birimi olup buna 'Planck zamanı' adı verilir. Bu andan önceki zaman içinde olup bitenler ancak, elektrozayıf ve güçlü nükleer kuvvetlerin nasıl birleştirileceğinin bilinmesinden yani, bir GUT'un elde edilmesinden sonra anlaşılabilecektir. Aksi takdirde asla.

10^{-43}'cü saniyeden önceki zamanda, dört temel kuvvet, tek bir kuvvet halindedir. Yani, bir TOE durumu vardır. 10^{-43}'cü saniyede, gravitasyon kuvveti TOE'den ayrılır ve kendi başına bir kuvvet olarak donar. Diğer üç kuvvet birbirinden ilerde ayrılmak üzere hala bir aradadır, yani bir GUT durumundadır. Bu zaman aralığında madde, parçacık ve antiparçacıkların egzotik karışımından oluşmuş bir 'çorba' görünümündedir. Ortada henüz tek başına duran bir parçacık yoktur. 10^{-43}'cü saniyede uzay-zaman ancak bir anlam kazanır.

10^{-35}'ci saniyede, birden bir şişme (enflasyon) meydana gelir. Evren bir önceki halinin 10^{50} katına erişerek müthiş bir hızla bir tenis topu büyüklüğüne genişler. Sıcaklık aniden 10^{23} dereceye düşer. Bu sırada GUT parçalanır ve güçlü nükleer kuvvet donar. Güçlü nükleer kuvvetin aniden ayrılmasıyla kuantum köpükleri uzaya akar. Simetriye sahip olan vakum birden enerjisini dışarı atarak parçacık üretimine başlar. Bu saniyenin sonunda enflasyon birden durur. Gravitasyon kuvvetinin gücü çok büyüktür.

10^{-33}'cü saniyede, sıcaklık 10^{20} dereceye inmiştir.

10^{-32}'ci saniyede, durmuş olan şişme yavaş olarak fakat daha güçlü bir şekilde tekrar başlar. Sıcaklık 10^{23} dereceye yükselir ve evrenin çapı 0.5 metre olur. Gravitasyon ve güçlü kuvvetler tek başlarınadır. Elektrozayıf kuvvet ise henüz

parçalanmamıştır. Enflasyonun tekrar patlaması ve sıcaklığın birden yükselmesiyle 'çorbadan' iki tür parçacık ortaya çıkar. Güçlü kuvveti hisseden kuarklar ve elektrozayıf kuvveti hisseden hafif leptonlar.

10^{-20}'ci saniyede, sıcaklık 10^{18} dereceye iner, evrenin çapı 10^5 metreye çıkar. Etrafta uçuşan, bir ortaya çıkıp bir kaybolan kuark ve antikuarklar kargaşası vardır. Bunlar birbiri ile çarpışıp birbirlerini imha etmektedirler.

10^{-12}'ci saniyede, sıcaklık 10^{15} dereceye düşerek bir donma noktası daha yaşanır. Kuarklarla antikuarkların çarpışıp birbirini imha etmelerine karşılık, kuarklarla leptonlar da çarpışır ve birbirlerine dönüşürler. Bu çarpışmalardan parlak radyasyon çıkmaktadır. Başlangıçta bol miktarda kuark ve antikuark üreten yeterli miktarda enerji mevcuttu. Evren genişleyip soğudukça bunların üretimi durur. Kuarkların sayısı antikuarklara göre daha fazla olduğundan, sonuçta kuarklar yaşar ve bugünkü maddenin temelini oluşturur. Biraz sonra sıcaklığın daha da düşmesiyle, aralarında devamlı etkileşen kuarklarla leptonlar birbirine dönüşemez olur. Elektrozayıf kuvvetin parçacıkları olan W ve Z'ler artık ortada dolaşmaktadır. Zayıf ve elektromanyetik kuvvetler hala bir aradadırlar.

10^{-8}'ci saniyede, elektrozayıf kuvvet, zayıf nükleer ve elektromanyetik kuvvetlere parçalanır. Simetri tamamen bozulmuştur. Sıcaklık 10^{14} dereceye düşer. Çok büyük kütleye sahip W ve Z parçacıklarına karşılık elektromanyetik kuvvetin parçacığı olan fotonların kütleleri yoktur. Ortada, kuarklar, elektronlar, foton ve nötrinolarla bunların karşı parçacıkları vardır. Bu hafif leptonlar aralarında devamlı çarpışmakta, birbirlerini yok etmekte ve yeniden yaratılmaktadır.

10^{-6}'cı saniyede, evrenin sıcaklığı 10^{13} dereceye düşer, çapı 10^8 metreye çıkar. Sıcaklık azaldığından devamlı kuark üretimi

için gerekli enerji de kaybolmuştur. Antikuarklar yok olur ve kuarkların egemenliği başlar. Yüksek sıcaklıktan etkilenmeyen sıfır kütleli fotonların çoğalması devam eder. Elektronlar ise donmuştur.

10^{-4}'cü saniyede, evren, bir Güneş sistemi boyutuna ulaşır. Baryonlar sahneye çıkar. Sıcaklık 10^{12} dereceye indiğinden kuarkların birbirlerini imha etme işlemi sona ermiştir. Geride kalan kuarklar birleşerek hadronları meydana getirmeye başlar. Üçerli birleşerek proton ve nötronları, ikili birleşerek mesonları oluştururlar.

Her ne kadar, tekli kuarkların bulunabileceğine dair bir teori mevcut ise de, henüz tek başına duran bir kuark gözlenememiştir. Artık madde şekillenmeye hazırdır. Protonlarla elektronlar birleşerek nötronları şekillendirir. Bu birleşmeden nötrinolar açığa çıkar. Bu arada, nötronlarla positronlar çarpışır ve bu çarpışmadan yeni protonlar ve antinötrinolar oluşur.

Bütün bu reaksiyonların gerçekleşebilmesi için ortada çok büyük miktarda elektron ve positronun bulunması gerekiyordu. Bu parçacıklar çiftler halinde, yüksek enerjili fotonları imhası sırasında üretiliyordu. Bir protona karşılık bir milyar foton mevcuttu.

1'ci saniyede, elektron ve positronların üretimi sona erer, proton ve nötronların sayıları dengelenir. Buna rağmen, nötronlar protonlara göre biraz daha azdır. Çünkü nötron üretimi için daha yüksek enerji gerekiyordu. Her altı protona karşılık bir tane nötron bulunuyordu. Nötronların 15 dakikalık bir süre sonunda bozunma şansı %50'dir. Daha kararsız olduklarından serbest nötronlar, protonlara ve iki tip lepton olan elektron ve nötrinoya bozunmaya başlar. Böylece lepton devri başlar.

Birinci saniyenin sonunda, zayıf nükleer kuvvet daha da zayıflaşır ve çok hafif olan nötrinoları artık içerde tutamaz ve nötrinolar etrafta uçuşurlar. Evrenin sıcaklığı 10 milyar dereceye düşmüştür. Evren, hala proton ve nötronların bir araya gelip çekirdeği oluşturmasına izin vermeyecek kadar sıcaktır.

14'cü saniyede, nükleer füzyon olayı başlar. Bir proton ile bir nötron bir araya gelerek ağır hidrojen çekirdeği olan deteryumu yapar. Deteryum normal hidrojenden farklıdır çünkü çekirdeğinde protonun yanında bir de nötron bulunmaktadır. Bazı deteryum çekirdekleri ikinci bir nötronu yakalar ve daha ağır hidrojen olan trityum çekirdeğini oluşturur. Trityumun bir proton daha yakalamasıyla yeni bir element olan helyum çekirdeği şekillenir.

Helyum çekirdeğinde iki protonla iki nötron bulunuyordu. Bu sıralarda, her bir helyum çekirdeğine karşılık on tane hidrojen çekirdeği mevcuttu. Benzer reaksiyonlarla, az miktarda bile olsa başka çekirdekler de şekillenir. Bunlar, iki proton ve bir nötronlu $helyum_3$, dört proton ve üç nötronlu $berilyum_7$, üç proton ve dört nötronlu $lityum_7$, çekirdekleridir.

Bu tür reaksiyonlar 1'ci dakikadan 10.000'ci yıla kadar devam eder. Evrende hidrojen, helyum gibi hafif çekirdeklerle elektronlar bulunmaktadır. Sıcaklık bir milyar derecedir. Bu sıralarda açığa çıkan radyasyonun çoğu, deteryumun parçalanarak hafif çekirdekleri oluşturması sırasında meydana gelen yüksek enerjili gamma ışınlarıdır.

Evren genişledikçe radyasyon enerji kaybeder. Etrafta bulunan fotonlar henüz serbest değildir ve parçacıklar arasında gidip gelirler. Fakat bol miktarda foton mevcuttur. Evren genişleyip soğudukça fotonların enerjisi zayıflar. Fotonların yanında, nötrinolar, antinötrinolar, proton, nötron ve elektronlar dolaşır. Meydana gelen çekirdeklerin ¾'ü hidrojen, ¼'ü helyumdur.

4’cü dakikanın sonunda, evrenin sıcaklığı 300 milyon derecedir. Elektron ve positronlar birbirlerini yok etmiş ve geride sadece protonların sayısını dengeleyecek miktarda elektron kalmıştır. İlkel atom oluşmuş fakat kararlı atom için evren hala çok sıcaktır.

10.000’ci yılda, parçacıkların kütleleri radyasyon enerjisine hakim olabilecek duruma gelir. Bu sıralarda, her bir protona karşılık 10 milyar foton mevcuttur. Fotonlar yüksek enerjileriyle etrafta uçuşur ve oluşan yeni atomları parçalamaya çalışırlar.

100.000’ci yılda, ortadaki hidrojen ve helyum çekirdekleri civardaki elektronları yakalar. Madde devri başlar.

300.000’cü yılda, fotonların enerjisi iyice azalır, en aktif fotonun enerjisi bile oluşmaya çalışan atomların son şeklini almasını bozmaya ve yaşamasını engellemeye yeterli olamaz. Atomlar artık rahattır. Atomlar ve fotonlar birlikte yaşamaya alışırlar. Evrende madde ve radyasyon birbirinden ayrılmış ve uzayda artık müstakil bir yaşam başlamıştır.

Fotonlar serbest kaldığından evren ışıldamaya başlar. Evren şimdi 3000 derece sıcaklıkta, kırmızımsı parlak görünümdedir. Elektronlar çekirdeklere iyice yaklaşır ve dayanıklı atomlar oluşur. Fotonların çıkardığı radyasyondan evren ışıkla dolar. Evrenin %75’i hidrojen, geri kalanı da helyumdur. Sıcaklık daha düşer, radyasyonun tabiatı değişir. Fotonların enerjileri kaybolur ve dalga boyları büyür. Radyasyon morötesi ışın haline gelir. Görünen ışık ve kızılötesi ışınlar oluşur. Evren artık görülebilir durumdadır.

1.000.000’cu yılda, evrendeki hareketlilikten çeşitli boyutlarda değişik madde şekillenir. Sıcaklık 1000 derecedir.

30.000.000’cu yılda, evrenin çapı 10^{12} metreye ulaşır. Sıcaklık 100 derecenin altına iner. Galaksileri oluşturacak gaz

kütleleri gravitasyonun etkisiyle sıkışıp yoğunlaşır. Yoğunlaşan ve ısınan bu kütleler galaksileri şekillendirir.

15.000.000.000'ci yıl, bugünün evreni oluşur. Mikrodalgalar ve radyodalgaları ortaya çıkar. Evrenin çapı 10^{27} metreye ulaşmış ve ortalık 2.74 K'lık radyasyonla dolmuştur. 15 milyar yıl sonra bugün, gözlenebilen çapı 10^{27} metre, sıcaklığı -270 derece olan evrenimizde, sonsuz yoğunluktaki karadelikten son derece gevşek gaz ve toz bulutlarına kadar her tür madde mevcuttur.

Şimdi filmi tersine işletelim ve bugünden sıfır noktasına kadar olan görüntüleri inceleyelim:

Zaman, 15 milyar'ıncı yıl: içlerinde milyarlarca yıldız ve gezegenleri barındıran galaksi kümeleri hızla birbirinden uzaklaşmaktadır. Uzakta olanların hızları ışık hızına çok yaklaşmaktadır. Evren boşluğunun sıcaklığı -270 gibi korkunç bir soğukluktadır. Evren milyonlarca tür parçacıklarla doludur. Bu parçacıklar bir araya gelerek 92 çeşit atomu şekillendirmiştir. Yoğunluk, karadeliklerin içlerinde sonsuz, galaksi ve yıldızların merkezlerinde çok büyük, fakat galaksiler arası boşluklarda ise çok düşüktür. Galaksiler arasında milyonlarca ışık yılı mesafeler bulunmaktadır.

Zaman içinde geriye gidişte, sıcaklığın yükselmesiyle birlikte galaksilerin birbirlerine yaklaştığı görülür. Yıldızlar da birbirlerine yaklaşarak galaksilerin boyutlarını küçültürler. Küçülen galaksiler birbirlerinin içine girer. Yoğunluk ve sıcaklık durmadan yükselir. Bütün evren sonunda bir molekül boyutuna gelir. Daha sonra moleküller de birbirinin içine girerek bir atom boyutuna küçülür. Atomun çekirdeğinde pozitif yüklü proton, yükü bulunmayan nötron ve onun etrafındaki yörüngede dönen negatif yüklü elektronlar vardır.

Büyük Patlamaya 300.000 yıl vardır ve sıcaklık 3000 dereceye yükselmiştir. Bu sıcaklıkta çekirdek, etrafındaki

elektronları yörüngelerinde artık tutamaz ve atom dağılır. Etraftaki elektron denizi içinde çekirdekler çıplak ve yalnız durumdadır. Tam bir plasma mevcuttur.

Sıcaklık 3.000.000 dereceye çıkınca, bu defa atomun çekirdeği dayanamaz ve protonla nötron birbirinden ayrılır. Şimdi ortada, proton, nötron ve elektronlardan oluşmuş bir karışık deniz vardır.

Büyük Patlamaya, bir saniyenin küçük bir kesri kadar zaman kalmıştır. Sıcaklık 30 milyar derecenin üzerine yükselmiştir. Proton ve nötronu oluşturan kuarklar artık bir arada kalamaz ve birbirinden uzaklaşırlar. Sıcaklık daha da yükselince dört ayrı kuvvetten önce zayıf ve elektromanyetik kuvvetler birleşir ve elektrozayıf kuvveti oluşturur. Daha sonra da güçlü nükleer kuvvet onlara katılır. En sonunda gravitasyon kuvveti de birleşerek tek büyük kuvvet oluşur.

Üç trilyon derece sıcaklıkta, ortada kütlesiz fakat çok yüksek enerjili parçacıklar dolaşmaktadır. Bunlar fotonlar, leptonlar ve kuarklardır. Bu yüksek enerjili parçacıkların enerjileri Büyük Patlama işlemi sürecinde, Einstein'ın $E=mc^2$ formülüne göre kütleye dönüşecektir.

Büyük Patlama anına 10^{-35} saniye kala, bir yapısı bulunmayan kaos mevcuttur. Bu anda evrenin boyu 10^{-22} metre ve bu hacim içindeki madde ile antimadde eşit miktardadır. Bu nokta, evrendeki maddenin oluşumundan emin olunulan son duraktır.

Geriye gidişte 10^{-43}'cü saniye 'Planck duvarı'dır. Bu noktadaki uzay, zaman ve maddeyi tanımlamakta yetersiz kalınmaktadır. Bu noktayı tarif etmek için gravitasyon ile kuantum mekaniğinin nasıl birleştirileceğinin bilinmesi, yani bir TOE'nin elde edilmesi gerekir. 10^{-43}'cü saniyedeki sıcaklık ve enerjiye eşit bir parçacık hızlandırıcısı imal etmek, bugünkü bilgilerimize göre imkansızdır.

1842 yılında Avusturyalı Christian Doppler yaklaşan ve uzaklaşan ses dalgalarının duran bir gözlemciye göre konumlarını keşfetti. Buna göre, duran bir gözlemciye doğru yaklaşan ses dalgaları daha sık aralık ve daha kısa dalga boylarında ulaşıyor, sesin kaynağı gözlemciden uzaklaştıkça ses dalga boyları uzuyordu. Bir tren yaklaşırken onun düdük sesi istasyonda duran bir kimse tarafından, trenin arkasında aynı mesafede duran başka bir kimseye göre daha önce duyulur ve düdüğün sesi ona daha yüksek perdeden ulaşır. Tren uzaklaşırken düdükten çıkan ses dalgaları, yaklaşıyorken gelenlerden, daha geç gelir ve daha alçak perdeden duyulur.

Doppler tarafından bulunan bu etkiyi 1849'da Fransız Louis Fizeau ışığa tatbik etti ve aynı sonucu buldu. Fizeau'nun buluşuna göre, duran bir gözlemciye doğru hareketli bir ışık kaynağından çıkan ışığın dalgalarının meydana getirdiği spektrumdaki koyu renkli çizgilerin dalga boyları kısalır ve çizgiler spektrumun mor ucuna kayar. Gözlemciden uzaklaşan kaynaktan gelen ışığın spektrumundaki koyu çizgilerin dalga boyları ise uzar ve spektrumun kırmızı ucuna doğru kayar. Kaynağın hızı arttıkça bu kaymalar da artar.

Kaynak yerinde duruyorsa, çizgiler de yerlerinde kalır ve hareket etmez. Spektrumdaki karanlık çizgilerin hareketlerinin ölçülmesiyle ışık kaynağının yaklaştığı veya uzaklaştığı ve bunların hızları kesin olarak ölçülebilir. Doppler ve Fizeau tarafından keşfedilen bu metotla, galaksilerin ve yıldızların hareket doğrultularının ve hızlarının ölçülmesi mümkün olmuştur.

İngiliz William Huggins, bir amatör olarak kendi yaptığı özel gözlemevinde gök cisimlerini inceliyordu. 1868 yılında Sirius yıldızının çıkardığı ışığın, spektrumunda kırmızı tarafa kaymakta olduğunu gördü. Doppler etkisini kullanarak bir yıldızın 40 km/saniyelik bir hızla uzaklaştığını keşfetti.

Belçikalı papaz ve gökbilimci olan Georges E. Lemaitre, Einstein'ın relativite denklemlerini kullanarak evrenin genişlemekte olduğunu buldu. O zamanlar bunun tersi düşünülüyordu. Daha önce, 1917'de Rus Aleksandr Friedmann da aynı sonuca ulaşmıştı. 1927'de Lemaitre, evrenin durmadan genişlediğine göre onun bir başlangıcı bulunması gerektiğini ileri sürdü ve evrenin bir zamanlar, atom boyutuna sıkıştırılmış çok yoğun maddenin birden patlaması ile meydana gelmiş olması gerektiğini belirtti. Şimdiki modern kozmolojiye tam olarak uymasa bile Lemaitre'nin fikri doğruydu.

Önceleri bir hukukçu ve profesyonel boksör olan Amerikalı Edwin P. Hubble, 1923 yılında Wilson dağında yeni kurulan 2.5 metrelik teleskopla uzayı inceliyordu. Hubble, 1929 yılında 18 tane galaksiyi tespit etti. Galaksilerden gelen ışıkların spektrum çizgilerinin kırmızıya doğru kaydığını, uzaklardaki galaksilerdeki kırmızıya kaymanın daha fazla olduğunu gördü. Bu durum, galaksilerin bizden uzaklaştıklarını, uzaklaşma hızlarının galaksilerin uzaklıkları ile arttığını ifade ediyordu. Hubble'a göre, bir galaksi bizden ne kadar uzakta ise onun uzaklaşma hızı da o kadar fazlaydı. Zira uzaktaki galaksilerden gelen ışığın spektrumdaki kırmızıya kayma oranı o kadar fazla oluyordu.

Hubble bu galaksilerin uzaklaşma hızlarını da hesap etti. Çok uzaktakilerin hızı, ışık hızına yakın çıktı. Bu durum evrenin genişlemekte olduğunu gösteriyordu. Yani, galaksiler kendiliğin- den geri çekilmiyorlar, evren genişlediği için bizden ve birbirlerinden uzaklaşıyorlardı. Hubble'ın keşfi, Büyük Patlama Teorisinin başlangıcı oldu. Sonuçta, evren bir zamanlar bir nokta halindeydi. Patlamayla birlikte oluşan madde etrafa yayıldı, büyük bir hızla birbirinden her yönde uzaklaşmaya başladı.

Mutlak sıfır derecesinin üzerindeki bütün cisimler bir elektromanyetik radyasyon yayar. Bir demir parçası ısıtıldığı zaman önce kızıl bir renk alır. Daha fazla ısıtılınca rengi koyulaşır ve akkor olur. Sonunda renk beyaza dönüşür. Bütün bu renk değişimleri demir atomlarının etrafındaki elektronların artan sıcaklıkla birlikte hızlanmaları sonucu çıkardıkları fotonların etkileridir. Hızlanan elektronların fırlattığı fotonların enerjileri farklı ışın türlerini meydana getirir.

Işık kırmızı uçtan mor uca doğru kayarken fotonlarının frekansı yükselir. Sıcaklık, elektronların hızı, fotonların enerjisi ve ışığın frekansı arasında bir orantı bulunmaktadır. Belli bir sıcaklıkta bütün cisimlerin çıkardığı ışıma aynı olup buna 'ısı ışıması' adı verilir. Isı ışımasının yanında bir 'ışık ışıması' bulunur ki, ışık ışıması da sıcaklığa bağlıdır.

Radyasyonun incelenmesinde kullanılan temel ilke 'siyah cisim' olayıdır. Siyah cisim üzerine gelen bütün elektromanyetik radyasyonu soğurması ve yansıtmaması yüzünden ideal bir sistemdir. Isıtılmış demir parçası deneyinde olduğu gibi böyle bir cismin yaydığı enerji onun sıcaklığına bağlıdır. Evren bir siyah cisim olarak düşünülebilir. Büyük Patlamadan itibaren devamlı soğuyan evrendeki radyasyonun dalga boyları bu soğuma süresi içinde sıcaklıkla birlikte değişmiştir.

Bu durum ilk olarak Rus George Gamow, Amerikalı Ralph A. Alpher ve Robert Herman tarafından 1948 yılında fark edildi. Bu bilim adamları, eğer evren bir Büyük Patlama ile yaratıldıysa patlama sırasında çıkan ve bugüne kadar gelen bir ısının mutlak sıfırın birkaç derece üzerinde bir ışınım halinde mevcut bulunması gerektiğini ileri sürdüler. Mutlak sıfır derecesinde maddenin molekülleri hareket edemeyecekleri için patlamanın radyasyonunun zayıf da olsa bugün mevcut

bulunması gerektiğini iddia ettiler. Onlara göre ışınımın sıcaklığı 5 K idi.

Gamow ve arkadaşları, eğer evren bir zamanlar sonsuz yoğunluktaki bir ateş topu halinde idiyse, çekirdekteki proton ve nötronun tek bir parça olmuş olması gerektiğini ve bütün çekirdeklerin bu tek parçacıktan çıkmış olması gerektiğini de belirttiler. Gamow ayrıca, sonsuz yoğun ve sıcak bu noktanın patlamasına 'Big Bang' adını verdi. Gamow ve arkadaşlarının iddiası, o zamanlar yeterli deney cihazlarının bulunmaması yüzünden uzun süre unutuldu.

1964 yılında Amerikalı Robert Dicke ve Phillip Peebles Büyük Patlamadan arta kalan ve günümüze kadar gelmiş olması gereken bir arkaalan ışımasının sıcaklığını 10 K olarak hesap ettiler. Dicke ve Peebles'e göre eğer böyle bir arkaalan ışınımı, Büyük Patlama ile ortaya çıkmış olmasaydı şimdiki evrendeki hidrojen-helyum oranı mevcut bulunamazdı. Dicke kendi yaptığı bir teleskopla uzayda, 15 milyar yıldan beri dolaşan arkaalan ışımasını aramaya başladı. Fakat onu bulmak Gamow ve Dicke'nin iddiasından hiç haberleri bulunmayan Amerikalı iki radyo mühendisine nasip oldu.

1964 yılında Amerikalı Arno Allan Penzias ve Robert Woodrow Wilson kendi yaptıkları boynuz şeklindeki antenleriyle galaksinin derinliklerinden gelen radyo dalgalarını ölçüyorlardı. 7 cm'lik bir dalga uzunluğunda çalışan Penzias ve Wilson, antenlerinde devamlı cızırdayan alışılmadık bir parazitle karşılaştılar. Bu parazitin dalga uzunluğu radyo dalgalarından daha kısa, kızılötesinden daha uzundu. Parazitin dalga boyu spektrumun mikrodalga bölgesinde ve sıcaklığı mutlak sıfırın birkaç derece üzerindeydi.

Antenlerini ne yöne çevirirlerse çevirsinler, parazit evrenin her yönünden aynı şiddet ve aynı sıcaklıkta alınıyordu. Bir ara parazitin, anten tellerine konan kuşlardan kaynaklandığını

düşündüler, fakat değildi. Hiç bir çare fayda etmedi ve bu garip parazitten hiç kurtulamadılar. 7.35 cm'lik bir dalga boyunda yılın her saati ve uzayın her yönünden gelen bu sabit şiddet ve sıcaklıktaki parazitin kaynağı galaksimizden çıkan bir ışıma değildi.

Penzias ve Wilson'un keşfi bu sıralarda, Büyük Patlamadan arta kalan radyasyonu matematiksel olarak ispat eden ve onu hala aramakta olan Dicke'ye duyuruldu. Buluşlarını birleştiren bu bilim adamları parazit problemini çözdüler. Yakalanan bu ışımanın dalga boyu 7.35 cm, tepe yüksekliği 1 mm ve sıcaklığı da 2.74 K, yani evrenin bugünkü sıcaklığı olan -270 dereceydi. Bu radyasyona, 'kozmik mikrodalga arkaalan ışıması' adı verildi.

Penzias ve Wilson'un keşif değerleri, Dicke ve Peebles'in matematiksel hesaplarına tam olarak uymuştu. 2.74 K'lik bir ışımanın şu andaki bir evren olayından kaynaklanamayacağı kesin olarak bilindiğinden, bunun geçmiş bir zamanda, evrenin çok sıcak olduğu bir durumun günümüze kadar ulaşmış bir 'kırıntısı' olduğu anlaşıldı.

2,74 K'lik ışıma, 15 milyar yıl önce meydana gelmiş ve çok büyük bir hızla etrafa yayılan çok sıcak ve parlak bir maddeden çıkmış olmalıydı. o, uzun süre içinde yaptığı yolculuğunun sonunda ışımanın dalga boyu, mikrodalga frekansı karşılığına gelmeliydi. Bütün hesaplar bunu gösteriyordu.

Şu anda evrendeki maddenin %27'sinin helyum olduğu bilinmektedir. Matematiksel hesaplar Büyük Patlamanın ilk zamanlarındaki helyum miktarını da %27 olarak göstermektedir. 1960'lardan beri yıldızların ışıklarında yapılan analizlerden evrendeki hidrojen ve helyum miktarları büyük bir kesinlilikle anlaşılmıştır. Ağır elementlerin, hidrojen ve helyum gibi hafif elementlerden nasıl oluşabildiği artık bilinmektedir. Hidrojen atomunun bugünkü değerinden geriye gidilerek, onun

Büyük Patlama sırasındaki değeri ile karşılaştırıldığında tam bir uyumluluk elde edilmektedir. Bugünkü fotonun proton ve nötronlara oranı ile patlamadan hemen sonra şekillenen foton, proton ve nötron arasındaki oranın uyumluluğu da ayrı bir pozitif noktadır.

Büyük Patlamanın üç en önemli delili olarak şunlar belirtilebilir. 1929 yılında Hubble tarafından keşfedilen, içlerinde milyarlarca yıldızın, gaz ve toz bulutlarının yer aldığı bütün galaksilerin birbirlerinden büyük hızlarda devamlı uzaklaşmakta olmaları ve evrenin hala genişlemekte olması, uzaktaki galaksilerden gelen ışınların kırmızıya kayma miktarından onların uzaklaşma hızlarının bize olan mesafeleriyle orantılı olması, 1964 yılında Penzias ve Wilson tarafından keşfedilen kozmik arkaalan mikrodalga ışımasının, Büyük Patlamadan çıkan ışımanın değeri ile tam olarak uyuşması ve matematiksel hesapların öngördüğü değerlerde alınıyor bulunması, kimyasal elementlerin bugünkü değerleri ile Büyük Patlama sonrası değerleri arasında tam bir uygunluğun bulunmasıdır.

1974'de Amerikalı John Mather, evrendeki arkaalan radyasyonunun atmosfer dışından çok hassas ölçülmesi için bir proje geliştirdi. Mather'ın teklifi üzerine NASA, COBE (Cosmic Background Explorer) uzay aracını imal etti ve 1990 yılında yörüngesine fırlattı. COBE'ye yerleştirilen -271 derecedeki sıvı helyum ile soğutulmuş detektörler Büyük Patlamadan arta kalan arkaalan radyasyonunun spektrumunu ölçtüler. Bu, tam bir siyah cisim radyasyonuna %1'den az bir sapma ile eşit idi ve mutlak sıfırın 2.735 derece üzerindeydi. Radyasyonun %99.97'si Büyük Patlamanın ilk yılı içinde çıkarılmış olmalıydı. Daha sonraki deneylerde bütün uzayın mikrodalga haritası çıkarıldı. Sonuçlar, Büyük Patlama Teorisinde öngörülen hesapları tutmuştu.

1970'lerin başlarında İngiliz Ted Harrison ve Rus Yakov Zeldovich, Büyük Patlamanın 10^{-35}'ci saniyesindeki şişme sırasında uzay-zaman köpüğünün ışık hızından daha büyük bir hızla genişlemesiyle, kuantum malzemesinin de aynı genişlemeye uğramış olması gerektiğini hesapladılar. Aynen, üzeri noktalarla kaplanmış bir balonun şişmesi sırasında noktaların birbirinden uzaklaşmalarına rağmen onların aynı yerlerinde kalacak olmaları gibi. Gravitasyonel kuvvetinin belirtisinin arkaalan radyasyonunda mevcut olması gerekirdi.

Nisan, 1992'de Amerikalı George Smoot, 900 km yukarıdaki COBE uydusunun çektiği resimlerde, uzaydaki sıcak ve soğuk izleri gösterdi. Bu izler 1 derecenin 30 milyonda birini gösteren sıcaklık farklarının belirtileriydi. Ondan bir süre sonra, 40 km yukarıya çıkarılan bir balona konan 25 kat daha hassas detektörlerde aynı sonuç alındı. Arkaalan radyasyonunda tespit edilen bu mikro izler asrın en büyük keşiflerinden biriydi ve evrenin ilk saniyelerindeki parçacık oluşum senaryosunun diğer bir ispatıydı.

Büyük Patlama modeli yanında birtakım soruları da birlikte getirdi. 2.74 K'lik arkaalan radyasyonu nasıl bu kadar üniform olabilir, evrendeki maddenin miktarı nedir, galaksiler nasıl şekillendi, evren genişlediğine göre bu genişleme nereye kadar gidecek? Büyük Patlama ile çelişen bütün bu suallere çeşitli cevaplar verildi. Büyük Patlamanın üzerinde yapılan çeşitli düzeltmelerin en başarılısı 1980'de Amerikalı Alan Guth'dan geldi. Guth 'enflasyon modelini' ileri sürdü.

Bu modele göre patlama üniform değildi. patlamanın başındaki çok kısa bir zaman dilimi içinde temel kuvvetlerin operasyonu değişti, gravitasyonun etkisi tersine döndü ve gravitasyon çekici yerine itici oldu. Maddenin sonsuz yoğunlukta olmasıyla itici gravitasyon tasavvur edilemeyecek büyüklükte ikinci bir patlamayı meydana getirdi. Bu sırada

oluşan evren çok küçük ve sıcaklığı çok yüksek olduğundan evren derhal ısısal eşdeğerine ulaştı. Bu durum da arkaalan radyasyonunun üniformluğunu sağladı.

Birinci saniyenin çok küçük bir kesrinde evren 10^{30} kat büyüdü ve doğa yasaları ortaya çıktı. Sonra ani bir soğuma oldu ve parçacıklar oluşmaya başladı. Bunlar kuarklar, leptonlar, daha sonra da proton ve nötronlardı. Bu sırada atom çekirdeği, proton ve nötronların nükleer sıcaklığının ve onları bir arada tutacak bağlama enerjisinin çok üzerinde olduğundan, şekillenemiyordu. Birinci saniyenin sonunda sıcaklık 10 milyar K'ye inince hidrojen ve helyum gibi hafif çekirdekler oluşmaya başladı. Ancak 100.000 yıl sonra çekirdekler civardaki elektronları tutarak atomu meydana getirebildiler. Bu sırada sıcaklık 10.000 K'ye düşmüştü.

Atom meydana çıkınca gravitasyon tekrar işlemeye başladı. Gravitasyonun işlemesiyle birlikte galaksileri oluşturacak madde şekillenmeye başladı. Guth'un enflasyon modeline göre Büyük Patlamadan çıkan siyah cisim radyasyonunun üniform bir şekilde günümüze kadar ulaşmış olması ve uzayın her tarafından aynı şiddet ve sıcaklıkta alınabilmesi senaryoya uygun düşmektedir.

Dünya etrafındaki yörüngesinde dönmekte olan COBE yapay uydusundan 1990 yılında alınan mikrodalga spektrumundan enflasyon modelinin delilleri elde edilmiştir. Buna göre, Büyük Patlamadan 10^{-43} saniye sonra enerjide bir değişiklik oldu ve bir genişleme daha meydana geldi. Bu ikinci genişlemeden 300.000 yıl sonra galaksilerin malzemesini oluşturacak üçüncü bir genişleme daha meydana geldi ve evren sonunda bugünkü boyutlarına ulaştı. COBE, kozmik arkaalan ışımasını 2.734 K olarak, yani 1964 yılında bulunan ile aynı değerde ölçtü.

Büyük Patlama, evrenin oluşumuna ait tek ve en ciddi teoridir. İnanılması güç de olsa, bütün deliller bir 'noktanın' patladığını ve oradan çıkan maddenin bugünkü evreni meydana getirdiğini göstermektedir. Günümüzde, Büyük Patlamaya alternatif başka bir teori mevcut değildir, belki de hiç bir zaman olmayacaktır.

Büyük Patlama ile sonsuz yoğunluktaki ve sıcaklıktaki madde ortaya çıktı, etrafa yayıldı, önce parçacıkları, sonra atomun çekirdeğini, atomu, molekülleri, galaksileri, yıldız ve gezegenleri, en sonunda da Dünya ismindeki gezegen üzerindeki canlı yaşamı meydana getirdi.

Evren genişlemeye devam etmektedir, her an mevcut yıldızların bir kısmı ölmekte, yenileri yaratılmakta ve bu süreç durmadan devam etmektedir.

Peki, Büyük Patlamadan önce ne vardı ? Bildiğimiz tek şey, Büyük Patlamadan önce bizim bildiğimiz şeylerden hiçbiri ve zaman yoktu. Zaman ve bizim yasalarımız sadece Büyük Patlamayla birlikte başladı. Gerisi tam bir sırdır. Evrenin bir Büyük Patlamayla yaratıldığının ispatlanması insanlık tarihinin 'en önemli bilimsel olayı' olmuştur.

Einstein, Modern Kozmoloji

Gökyüzü ilk insanlara esrarengiz gözükmüştü. Güneş'in yükselişi ve batışı, Ay'ın muhtelif devreleri ve yıldızların yavaş hareketleri onlara bir bilmece gibi gelmişti. Dünya üzerindeki ilk uygarlıklar için gökyüzü ulaşılamayacak bir dam idi ve yıldızlar da bu dama yapıştırılmış birer şekildi. Karanlık gökyüzü onları korkuttu ve oradaki olayların çoğu felaketlerin habercisi olarak kabul edildi.

Eski Sümerliler gökyüzünü inceleyen ilk uygarlıktı. Sümerliler bundan 5000 yıl önce Ay ve Güneş tutulmasını, Ay'ın değişik zamanlardaki farklı görünüşünü açıklamayı başardılar. Güneş'in, Ay'ın ve sonradan Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn ismini alacak olan beş gök cisminin hareketlerini anlamaya çalıştılar. Bu sıralarda Dünya'nın yüzeyi onlara düz olarak gözüküyordu. İlk insanların gökyüzünü gözle incelemeleri binlerce yıl sürdü.

Gökyüzünün bilimsel olarak incelenmesine eski Yunan medeniyeti zamanında başlandı. Yunanlılar, gökyüzünü muazzam büyüklükte yuvarlak bir top gibi düşündüler. Dünya bu kürenin merkezindeydi ve yıldızlar da kürenin içinde dağılmıştı. Küre, Dünya'nın etrafında her 24 saatte bir dönüş yapıyordu. Güneş, Ay ve gezegenler de Dünya etrafında tam bir daire çiziyordu.

Bütün bunlar, bundan 1800 yıl önce yaşamış Ptolemy tarafından ileri sürüldü. MÖ-600'lü yıllarında Thales, Dünya'nın su üzerinde duran bir düzlük olduğunu söyledi. Öğrencisi Anaximander ise MÖ-570'de Dünya'nın uzayda serbest halde duran bir silindir şeklinde olduğunu ileri sürdü. En doğru benzetme ise MÖ-500'de yaşamış Pythagoras'dan geldi. Pythagoras Dünya'nın küre şeklinde olduğunu, Dünya, Güneş, Ay ve o zamanlar bilinen beş gezegenin bir başka şeyin etrafında döndüğünü ileri sürdü. Aristotle, Dünya'nın küre şeklinde olduğunu kabul etti, fakat onun Uzayın merkezinde hareket etmeden durmakta olduğunda ısrar etti. Aristotle, gök yüzündeki her şeyin küresel şekilde olması gerektiğini de belirtti.

MÖ-290'da Aristarchos, Dünya ve gezegenlerin Güneş etrafında döndüğünü söyleyen ilk insan oldu. Aristarchos, Güneş'in Ay büyüklüğünde olduğunu ve Ay'ın mesafesinin 20 katı bir uzaklıkta durduğunu hesap etti. MÖ-230'da Archimedes ise Güneş merkezli Uzayın genişliğini 9 milyar kilometre olarak hesapladı. Bu, Aristotle ve Ptolemy tarafından bulunan ölçülerin oldukça üzerindeydi.

Eski zamanların en büyük gökbilimcisi MS-200 yıllarında yaşamış Mısırlı Ptolemy idi. Ptolemy, gökbilimci olmanın yanında tanınmış bir filozof ve coğrafyacıydı. 'Syntaxis' isimli kitabında, 27 kabuklu soğan modelini ileri sürdü. Soğanın merkezinde sabit duran Dünya vardı ve onun etrafında değişik

kabuklarda dönen gezegenler yer almıştı. Dairesel olmayan yörüngelerin en içinde Ay, sonra Merkür ve Venüs, daha sonra Güneş, Mars, Jüpiter ve Satürn, bunların dışında da yıldızlar yer alıyordu. Bütün bunlar küresel şekilli bir gökyüzünün içindeydi. Kürenin genişliği de 80 milyon kilometreydi. Ptolemy'nin modeli kabul gördü ve 1400 yıl boyunca değişmez kaldı. Herhangi bir deney aletinin mevcut bulunmaması yüzünden Ptolemy'nin fikirleri 16'cı asra kadar geçerliliğini korudu.

14 asır boyunca sessiz kalan ve üzerinde herhangi bir fikir yürütülmeyen gökbilimi, Polonyalı Nicolaus Copernicus tarafından tekrar ele alındı. Bir papaz olan Copernicus 1543'de, Güneş'in evrenin merkezi olduğunu, Dünya ve gezegenlerin onun etrafında döndüklerini ileri sürdü. Copernicus'a göre bu cisimlerin çizdikleri yörüngeler düzgün birer daire şeklindeydi. Copernicus, Ay'ı bir gezegen olarak düşündü ve onun da Dünya etrafında tam bir dairesel yörüngede döndüğünü belirtti.

Copernicus modeli kısmen doğruydu. Yörüngelerin şekli konusu ise yanlıştı. İlk olarak Aristarchos tarafından öne sürülen, daha sonra Ptolemy tarafından değiştirilen Güneş merkezli evren modelini belirten kitabını Copernicus, kilisenin tepkisinden korktuğu için uzun süre bastırmadı. 'On the Revolutions of the Heavenly Orbs' isimli kitabi Copernicus'un 24.5.1543 tarihinde, ölümünden birkaç saat önce yayınlandı ve Copernicus, yeni basılan kitabı elinde öldü.

Copernicus'un modelini kabul etmeyen büyük gökbilimci Danimarkalı Tycho Brahe, kurduğu Dünya'nın ilk gözlemevinde çıplak gözle yapılabilecek en hassas gözlemleri gerçekleştirdi. Teleskop öncesinin en büyük gökbilimcisi olan Brahe ilk yıldız ölçümlerini yaptı ve yıldızların uzayda hareket halinde olduklarını anladı. 1572 Kasım'ında Venüs'ten daha parlak olan bir yıldızı gördü. Bu bir 'süpernova' patlamasıydı

ve birkaç hafta sürmüştü. Güneş'in Dünya etrafında döndüğüne inanan Brahe ayrıca bir kuyruklu yıldızı da tespit etti. Brahe'nin çalışmaları gökbiliminin gelişmesine çok yardımcı olmuştur.

Brahe'nin öğrencisi Alman Johannes Kepler, 1604 yılında yeni bir süpernovayı gördü. Kepler, Brahe'nin ölçümlerini kullanarak gezegenlerin hareketlerini inceledi. Onların Güneş etrafında tam bir daire çizmediklerini, yörüngelerin elips şeklinde olduğunu hesap etti. Kepler, gezegenlerin Güneş etrafındaki hareketlerine ait üç yasayı çıkardı.

1608 yılında teleskop bulundu. İtalyan Galilei Galileo kendi yaptığı, 30 kat büyülten teleskopla gök cisimlerine baktı. Galileo 1609 yılında teleskopuyla Ay'ı ve gezegenleri inceledi. Bu, insanoğlunun bir cihazla uzaya ilk bakışıydı. Ay'ın yüzeyindeki kraterleri, Jüpiter'in aylarını ve galaksi içindeki sayısız yıldızları gören Galileo, Copernicus'un haklı olduğunu anladı.

Dünya evrenin merkezi değildi. Buluşlarını 1610 yılında 'The Starry Messenger' isimli kitabında toplayan Galileo, fikirlerinden dolayı kilise tarafından evinde ömür boyu hapse mahkum edildi. Katolik kilisesi, Galileo'nun haklı olduğunu ancak 1992 yılında, mahkumiyet kararından 380 yıl sonra kabul etti.

1687 yılında İngiliz Isaac Newton, 'gravitasyon' yasasını yayınladı. Bu yasaya göre, evrendeki her cisim birbirini çekmekteydi. Gravitasyon kuvveti yüzünden Dünya üzerindeki cisimler uzaya savrulmadan onun üzerinde kalabiliyor, Ay Dünya etrafında, Dünya da Güneş'in etrafındaki yörüngelerinin dışına çıkmadan dönüp duruyorlardı. Kütlesi büyük olan her cisim kendisinden küçük kütleli başka bir cismi kendine doğru çekiyor, büyük cismin etrafında dönen küçük cismin santrifüj kuvveti ise onun çekimini dengeliyordu.

Dünya üzerindeki cisimler arasında hissedilemeyen gravitasyon kuvveti, çok büyük kütleli gök cisimleri arasında ise çok belirgindi. Sonuçta, insanları kendilerinden milyonlarca kat fazla kütlesi olan Dünya üzerinde tutan, elmayı ağaçtan yere düşüren ve Ay'ı Dünya etrafında tutan kuvvetler hep aynı bir kuvvetin, gravitasyonun birer görünüşüydü.

Newton, Kepler'in bulduğu yasalara el attı ve onların matematiksel denklemlerini çıkardı. Buluşlarını 'Philosophiae Naturalis Principia Mathematica' isimli kitabında yayınlayan Newton ile Güneş sisteminin yapısı anlaşılmış oldu. Bu arada Newton, o zamanlar bilinenden daha farklı tür bir teleskop yaptı. Teleskopunda mercek yerine eğri yüzlü ayna kullandı. Böylece, yıldızlardan gelen ışık aynada toplanıyor ve daha net bir görüntü veriyordu. Bugünün modern teleskopları Newton'un buluşuna dayanmaktadır.

1680'lerde Avrupa'da bir takım kuyruklu yıldızlar görülüyordu. Bunlardan biri 1682 yılında İngiliz gökbilimci Edmund Halley tarafından tespit edildi. O zamanki insanlara korku veren kuyruklu yıldızları anlamak isteyen Halley, Newton'un gravitasyon yasasını kullanarak yörüngelerini buldu ve 1682'de gelen o kuyruklu yıldızın 1759 yılında tekrar görüleceğini hesap etti. Yıldız 1759'da tekrar görüldü. 'Halley' adı verilen bu kuyruklu yıldız her 76 yılda bir civarımızdan geçmektedir. Ve en son 1986 yılında görülmüştür. Copernicus ile başlayan model, Kepler ve Galileo ile geliştirilmiş, Newton ile ispat edilmiş oldu.

Astronomi ile bir hobi olarak ilgilenen ve aslında bir müzisyen olan İngiliz William Herschel 1300 cm çapında ve 12 metre uzunluğunda bir teleskop imal etti. Herschel bu teleskopla Güneş'in uzağındaki yıldızları inceledi, disk şeklindeki galaksimizi gözledi. Galaksinin içinde çok sayıda

yıldız bulunduğunu gören Herschel, 1781 yılında Uranüs gezegenini keşfetti. Satürn dahil yakındaki gezegenler binlerce yıldan beri zaten biliniyordu. Uranüs keşfedilen ilk gezegen olmuştu. Yıldızların içinde toplandığı galaksiyi ilk fark eden Herschel, galaksi dışındaki nebüla denilen gaz bulutlarını da tespit etti.

Daha sonraki yıllarda daha büyük teleskoplar yapıldı. Bunlardan İrlandalı William Parsons'un imal ettiği teleskop 1800 cm çapındaydı. Uzayı tanıma ve anlama çalışmaları hız kazandı. Alman filozof Immanuel Kant, nebulaların galaksilerin dışında yer alan büyük gaz ve toz bulutları olduğunu ve gök cisimlerinin bunların sıkışması ile oluştuğunu ileri sürdü. Uranüs'ün ilerisindeki iki gezegen ve bu gezegenlerin etrafında dönen birçok ay keşfedildi. yıldızların yerleri tespit edildi, uzaklıkları bulundu ve onların oluşum teorileri ortaya atıldı. 1900 yılına kadar Pluto dışındaki bütün gezegenlerle, sistemdeki 62 Ay'dan 21'i keşfedilmiş oldu.

Bütün bu uzay çalışmaları yapılırken, bazı diğer bilim adamları ışığı ve hızını tanıma çabası içine girmişlerdi. Danimarkalı Ole Roemer, 1675'de Jüpiter'in aylarının hareketinden ışık hızını 225.000 km/saniye olarak ölçtü. İngiliz James Bradley, Dünya ile yıldızlararasındaki konumları kullanarak 1728'de onu 308.300 km/saniye olarak tespit etti. Fransız Louis Fizeau, dişli çark metodu ile 1849'da ışık hızını 312.300 km/saniye olarak ölçtü. Amerikalı Albert Michelson ve Edward Morley'in altı yüzlü döner ayna metodu ile 1887'de yaptıkları deneyde ise ışığın hızı 300.000 km/saniye olarak bulundu.

1864'de İskoçyalı James Clerk Maxwell ışığın bir elektromanyetik dalga hareketi olduğunu gösterince, onun içinde yol alacağı bir ortamın bulunması gerektiğine inanıldı. Bu ortama 'eter' ismi verildi. Evren, eter denilen bir madde ile

kaplanmış olmalıydı. Çünkü ses dalgaları hava içinde, su dalgaları da su içinde yol alıyordu, ışık da benzer bir ortam içinde ilerlemeliydi. Bunun üzerine evrendeki eteri arama çalışmalarına başlandı.

1901 yılında Hollandalı Jacobus Kapteyn, Samanyolu galaksisinin bir haritasını çıkardı. Galaksinin çapını 23.000 ışık yılı olarak hesapladı. Galaksinin daha hassas ölçümü için uzayda bir şeylerin referans olarak alınması gerekiyordu. Bunun için 'Cepheid' adı verilen, süper büyüklükte sarı renkli yıldızlar düşünüldü. Cepheid'ler 1 ila 20 gün arasında değişen periyotlarla parlayan ve salınan yıldızlardı. Bunlar, diğer gök cisimlerinin uzaklık ölçümleri için kilometre taşı olarak düşünebilirlerdi. İlk Cepheid 1912'de Henrietta Leavitt tarafından keşfedilmişti.

Amerikalı Harlow Shapley, Cepheid yıldızlarını kullanarak Samanyolu'nun bir disk şeklinde olduğunu ve Güneş'in galaksinin merkezinden uzak, onun eteklerinde yer aldığını keşfetti. Samanyolu'nun içine dağılmış, Güneş gibi daha milyonlarca yıldız bulunuyordu. Shapley'e göre Samanyolu evrendeki tek galaksiydi.

1920'lerde Amerika'da Wilson dağına kurulan 2.5 metrelik yeni teleskopta çalışmaya başlayan, esas mesleği avukatlık olan Edwin Hubble 1924'de Samanyolu'ndan 2.3 milyon ışık yılı uzaklıkta başka bir galaksi daha gördü. Andromeda ismindeki bu galaksi Samanyolu'ndan daha büyük spiral bir galaksiydi. Büyük gözlemci Amerikalı Hubble'ın keşfi üzerine, Samanyolu'nun tek galaksi olmadığı, evrenin sanıldığından daha geniş olduğu anlaşıldı. Hubble ve asistanı Milton Humason, 100 milyon ışık yılı uzaklığa bakabildiler ve bunun içindeki birçok galaksiyi tespit ettiler.

1914'de Amerikalı Vesto Slipher uzaktaki bir nebuladan gelen kırmızı bir ışık gördü, fakat nedenini anlayamadı. Hubble, nebulanın ışığının kırmızı görülmesinin nedeninin onun bizden uzaklaşmakta olduğundan ileri geldiğini belirtti. Hubble, 24 tane galaksi üzerinde yaptığı incelemede, bunların hem bizden hem de birbirlerinden uzaklaştıklarını tespit etti. Yani evren genişliyordu.

Hubble, ışığın dalga boyu ile spektrumdaki renkler arasındaki ilişkiyi kullanarak, galaksilerin uzaklaşma hızlarını buldu. Galaksilerin uzaklaşma hızları çok büyüktü, uzaktaki galaksilerde ise daha büyüktü. Hubble'ın keşfi, evrenin bir Büyük Patlama ile başlamış olduğunun 'ilk' ispatı olmuştur.

Bu sıralarda evreni doldurduğuna inanılan eteri arama çalışmaları devam ediyordu. İrlandalı George Francis Fitzgerald ve Hollandalı Hendrik Anton Lorenz 19'cu asırın sonlarında, uzaydaki eteri öngören hareket denklemleri üzerinde çalıştılar. Fakat, evrende eterin bulunduğunu belirten bir ipucuna rastlanmadı. O zaman, ışık hangi ortamın içinde yol alıyordu?

Alman Albert Einstein, 1905 yılında Özel Relativite, 1915'de de Genel Relativite Teorisini yayınladı. Einstein, teorilerinde eterin mevcudiyetini gereksiz buldu ve onu göz önüne hiç almadı. Işığın boşlukta sabit hızla yol aldığını, hızının her yönde aynı olduğunu, ışık hızının evrendeki en büyük hız olduğunu, ışığın yol alması için bir ortamın bulunmasının gerekmediğini, hiç bir şeyin ışık hızına ulaşamayacağını matematiksel olarak ispat eden Einstein'ın Relativite Teorisi üzerine eter fikrinden vaz geçildi.

Dünya'nın hareketi yönündeki bir noktaya gidip geri dönen ışığın gidiş-geliş süresinin, ters yöndeki eşit uzaklığa gidiş-geliş süresinden daha kısa olacağı sanılmasına karşılık, 1926 yılında Michelson ve Morley tarafından yapılan bir deneyde bu iki süre eşit çıktı. Işık eğer bir ortam içinde yol alsaydı Newton'un

yasalarına göre ters yöndeki gidiş-dönüş süresinin daha uzun çıkması gerekirdi. Çünkü, ışık geriye doğru gidip gelirken bu süre içinde Dünya bir miktar daha ileriye gitmiş olacaktı. Matematiksel ve deneysel ispatların sonucunda evrenin eter denilen bir madde ile kaplı olmadığı, evrenin sadece bir boşluk olduğu anlaşıldı.

Bu arada, evrenin nasıl ve ne zaman meydana geldiği tartışılmaya başlandı. 1927'de Belçikalı gökbilimci ve papaz Georges Lemaitre, evrenin bir noktanın patlaması ile oluştuğunu ileri sürdü. Lemaitre patlayan noktayı, içinde yüksek yoğunlukta maddenin toplandığı bir atom olarak tarif etti. Bu ilkel atom bir tür süper ağırlıkta nötron idi ve bir radyoaktivite sonucu parçalanarak etrafa saçılmıştı. Fikir doğruysa da tarif yanlıştı. Lemaitre, Büyük Patlama Teorisinin fikir babası olarak kabul edilir.

1917'de Einstein, kendi denklemlerini kullanarak evreni 100 milyon ışık yılı çapında bir küre içine bükülmüş dört boyutlu bir şekil olarak tarif etmişti. Evren içindeki galaksiler birbirinden uzaklaşıyor veya birbirlerine yaklaşıyorlardı. Einstein'ın denklemleri bu sonucu çıkarmıştı. Fakat, kendisi değişmeyen 'statik' bir evrene inanıyordu. Hubble'ın keşfinden çok önce çıkan bu sonuçlar doğru, Einstein'ın inanışı ise yanlıştı. Yine aynı yıllarda, Hollandalı Willem de Sitter, Einstein'ın eşitliklerinden statik bir evren modelini öngörmüştü. 1922'de Rus matematikçi Alexander Friedmann ise birkaç çözüm çıkardı ve hepsi de 'genişleyen' evreni gösteriyordu.

1940'ların sonlarında Rus George Gamow, Lemaitre'nin ileri sürdüğü fikirden giderek evrenin bir patlama ile meydana gelmiş olabileceğini inceledi. Ralph Alpher ve Robert Herman ile birlikte Gamow, patlama ile ortaya çıkan proton ve nötronların birleşerek bir atom çekirdeğinin nasıl

şekillenebileceğini hesap etti. Kendileri bütün atom çekirdeklerinin bu şekilde meydana gelmiş olduğunu düşünmüş olsalar da, denklemleri helyumun ilerisini göstermedi. Birbirini sıkıca tutan iki proton ve iki nötrondan oluşmuş olan helyum çok dayanıklıydı ve helyumdan sonra evrenin durmuş olması gerekirdi. Daha sonraki yıllarda, yıldızların içlerinde helyumun yanarak daha ağır elementleri oluşturma teorisini bulacak olan Gamow 1948 yılında, oluşum teorisine 'Big Bang' ismini vermişti.

Aynı yıl, Fred Hoyle, Hermann Bondi ve Thomas Gold evrenin bir patlama ile oluştuğuna karşı çıktılar. Bu üç bilim adamı, evrenin genişlemekte olduğunu kabul etmelerine karşılık, bir başlangıcının bulunmadığını ve sonunun da olmayacağını ileri sürdüler. 1960'larda yıldızlardan gelen ışığın analizinden evren maddesinin %75'inin hidrojen, gerisinin de helyumdan meydana geldiği anlaşıldı. Helyumun varlığı ve diğer atom çekirdeklerinin azlığı Hoyle'nin durağan evren modelini zora sokuyor, patlama teorisini de avantajlı kılıyordu.

Bu arada Gamow, patlama sırasında ortaya çıkan ışının bir kırıntısının hala evrende bulunması gerektiğini anladı. Bu kırıntı bir radyasyon şeklinde bulunmalıydı ve evrenin genişlemesiyle dalga-boyu uzamış, zayıflamış ve mutlak sıfırın birkaç derece üzerinde çok soğuk bir durumda olmalıydı. Ve bu arkaalan radyasyonu evrende bir yerlerde mevcut bulunmalıydı. 1964 yılında Amerikalı Robert Dicke konuyu tekrar ele aldı ve Büyük Patlamadan arta kalan radyasyonu aramaya başladı. Fakat bir sonuç alamadı.

Bu sıralarda, yıldızlararası haberleşmeler için boynuz şeklinde bir anten imal eden ve evrenin oluşumu ile ilgileri bulunmayan Amerikalı Arno Penzias ve Robert Wilson uzayı dinleme gayretleri içindeydi. Penzias ve Wilson'un antenlerinden beklenmedik bir parazit duyuldu. Bu parazit

Büyük Patlamadan çıkan ve günümüze kadar gelmiş olan radyasyonun kırıntısıydı. Gamow'un 1950'lerde ortaya attığı, Dicke'nin 1964'de matematiksel olarak öngördüğü arkaalan radyasyonu, bu teorilerden hiç haberleri bulunmayan Penzias ve Wilson tarafından 1965 yılında keşfedilmişti. Büyük Patlamadan arta kalan ve günümüze kadar gelmiş olan kozmik arkaalan mikrodalga radyasyonunun keşfi evrenin bir patlama ile yaratılmış olduğunun 'ikinci' ve en önemli delili olmuştur. Ptolemy'den 17 asır sonra insanoğlu içinde yaşadığı evrenin nasıl oluştuğunu çözmüştü.

1920'lerde 'Kuantum Mekaniği' ortaya atıldı ve bir atomun içindeki parçacıklar arasındaki etkileşimler anlaşıldı. Doğadaki olayların çözümü artık kolaylaşmıştı. 19'cu yüzyılın sonlarında İskoçyalı William Thomson ve Alman Hermann Von Helmholtz yıldızların gaz bulutlarından oluştuğunu, bu gazın gravitasyonla sıkışarak ısınıp sıcaklık ve parlaklık çıkardığını ileri sürdü. Bu fikir tam doğru değildi. 30 yıl sonra İngiliz Arthur Eddington yıldızların içindeki enerjinin, hidrojenin yanarak helyuma dönüşmesinden ileri geldiğini öne sürdü, fakat bunu izah edemedi.

Alman Hans Bethe ve Carl Von Weizsäcker, Einstein'ın $E=mc^2$ formülünü kullanarak, hidrojenin yanarak helyuma dönüşmesi sırasında açığa çıkan kütle farkının yıldızlardaki enerjiyi meydana getirdiğini izah ettiler. Hindistanlı Subrahmanyan Chandrasekhar 1931'de Hindistan'dan İngiltere'ye yaptığı gemi yolculuğu sırasında bir yıldızın içindeki hidrojeni yakıp tükettikten sonra ulaşacağı evreleri tespit etti.

Yakıtını tüketen yıldızın bir süpernova olarak patlamasından sonra ulaşacağı beyaz cüce, siyah cüce, pulsar, nötron yıldızı gibi evrim şekilleri bulundu. 1967'de İngiliz Jocelyn Bell pulsarı keşfetti. 1974'de Amerikalı Joseph Taylor ve Russell

Hulse, pulsarların bir sonraki evreleri olan nötron yıldızlarını keşfettiler. 23.2.1987 günü 170.000 ışık yılı mesafedeki Large Magellanic galaksisi içinde bir süpernova patlaması görüldü. Bu, 1604'den beri görülen en parlak şeydi ve yıldızın patlaması 170.000 yıl önce gerçekleşmişti ve patlama olduğunda yeryüzündeki insanlar daha buz devrini yaşıyordu.

1943'de Amerikalı Carl Seyfert, son derece parlak merkezleri olan spiral şekilli Seyfert galaksilerini keşfetti. 1950'lerde radyo astronominin bulunmasıyla keşifler daha da çoğaldı. 1963'de Hollandalı Maarten Schmidt, çok uzaklardan gelen radyo dalgalarından evrenin en müthiş yapıları olan kuasarları keşfetti.

1783'de İngiliz John Michell, eğer bir yıldızın kütlesi yeteri kadar büyükse, onun gravitasyon kuvvetinin de o kadar fazla olacağını ve ondan ışığın bile kurtulup dışarı çıkamayacağını söylemişti. Böylece, dışarı ışık çıkaramayan yıldız 'karanlık' olacak ve görülemeyecekti. Michell bu fikri, Newton'un gravitasyon ve ışığın parçacık teorileri üzerine edinmişti. Einstein'ın 1915'de yayınladığı Genel Relativite Teorisi ise, ağır yıldızların civarlarındaki uzayı çökerteceğini, yıldızdan çıkan ışığın ise bu kuyuya düşerek dışarı çıkamayacağını ispat etmişti. Uzun süre bu konu ile kimse ilgilenmedi.

1969'da Amerikalı John Wheeler, ışığın bile kurtulup kaçamadığı, karanlık olduğu için gözle görülemeyen bu acayip cisimlere 'karadelik' adını verdi. 1970'lerde İngiliz Roger Penrose ve Stephen Hawking, karadeliklerin ortalarında yoğunluğun sonsuz olduğu bir 'tekillik' noktasının bulunduğunu, bunun etrafında da bir 'olay ufkunun' yer aldığını gösterdiler. Olay ufkuna giren her şey, ister bir galaksi büyüklüğünde, ister ışık hızında giden bir cisim olsun, karadeliğin tekilliğinden içeri girip kayboluyordu. 1972'de

Cygnus X-1 yıldızının bir karadelik olduğu anlaşıldı. diğer birçokları tespit edildi.

Kozmik bir elektrik süpürgesi gibi her şeyi içine alan karadeliklere dalan o muazzam miktar madde nereye gidiyordu? Bizim evrenimizin başka bir yerinde tekrar evrene geri mi dönüyordu, yoksa yanımızdaki ikinci bir evrene mi akıyordu? Matematiksel hesaplar karadeliğin tekillik noktasının arkasında bir 'akdeliğin' bulunduğunu, akdeliğin başka bir evrenin 'giriş kapısı' olduğunu gösterdi. Bizim karadelikler bizden madde yutuyor, arkasındaki akdelik ise bizim maddeyi yanımızdaki diğer bir evrene boşaltıyor, karadelik çekiyor, akdelik ise itiyordu. Eğer bu doğruysa, yanımızdaki paralel evren nerede, ne durumdaydı?

Bilim adamları şu anda, Büyük Patlamanın 10^{-43}'cü saniyesinin öncesini çözmeye çalışıyorlar. Bunun için de elektrozayıf ile güçlü nükleer kuvvetlerin, daha sonra gravitasyonun birleştirilip TOE'nin elde edilmesi gerekiyor. Bizim evrenimizin başladığı an ve patlamanın sebebi öğrenildiğinde, bir karadeliğin tekillik noktası ve arkasındaki olaylar da anlaşılmış olacaktır.

17'ci asırda yaşayan İngiliz Isaac Newton buluşlarıyla bilimde bir devir açmıştı. Yüksek matematiği bulmuş, teorilere hesaplama metodunu sokmuştu. Gravitasyon kuvvetini tarif etmiş, ışığın yansıması ve kırılmasının yanında mekanik biliminin temel yasalarını çıkarmıştı. Hem fizik hem de bir matematik dehası olan Newton'dan sonra diğer bilimlerin yanında gökbilimi de bütün hızı ile gelişti. 1666 yılında, 24 yaşındayken bilimin çehresini değiştiren Newton'un fiziği 240 yıl boyunca devam etti.

1905 yılında sahneye Einstein çıktı. Einstein'ın teorileri bilimin yönünü değiştirdi, yepyeni bir devir açtı. Newton'un teorilerini altüst etti ve bazılarını geçersiz kıldı. Einstein,

Newton gibi bir matematik dehası değildi, fakat onunla birlikte bütün zamanların en önemli iki bilim adamından biri oldu. Newton'un kurduğu klasik fiziği yıkıp, 'modern' fiziği başlatan Einstein'ın teorileri modern kozmolojinin de başlamasına sebep oldu. Evreni, başlangıcını, yapısını, içindeki kozmik olayları anlayabilmek için Einstein'ın relativite kuramlarını bulması gerekiyordu. Ve, bunlar da 1905 ve 1915 yıllarında geldi.

1879 yılında Almanya'nın Ulm şehrinde doğan Einstein, fakir matematik bilgisi yüzünden 17 yaşında İsviçre Teknoloji Okuluna girdi. Buradan mezun olduktan sonra Zürich Politeknik Okuluna girmek istedi. Fakat iki giriş imtihanında da başarılı olamadı. 21 yaşında buradan mezun oldu ve Bern patent bürosunda iş buldu. Oldukça fakir bir fizik eğitimi görmüştü ve sahip olduğu bilgileri okuduğu kitaplar ve makalelerden edinmişti.

Patent bürosundaki iş hayatı sırasında yazdığı üç makaleyi 1905 yılında Annalen Der Physik dergisine yolladı. Bilim tarihinde bir çığır açan bu makaleler yayınlandığında Einstein 26 yaşındaydı ve bir üniversite mensubu değildi. Bu üç makaleden ilki, 'Brownian Hareketi', ikincisi 'Fotoelektrik Etki' ve üçüncüsü de 'Özel Relativite Teorisi'idi.

Brownian hareketleriyle atomların gerçek mevcudiyetlerini göstermişti. Fotoelektrik etki teorisiyle ışığın hem dalgalar hem parçacıklar halinde yol aldığını ispat etti. Bu, 1900 yılında Max Planck tarafından ileri sürülen Kuantum Teorisinin teyidi idi ve kuantum mekaniğinin başlamasına sebep oldu. Özel Relativite Teorisinde ise 'uzay-zamanı' tarif etti. 1907'de yayınladığı dördüncü makalesinde de $E=mc^2$'yi, yani 'kütle-enerji' eşitliğini gösterdi.

1909 yılında Zürich Üniversitesine kabul edildi. 1913 yılında Berlin Üniversitesinde fizik bölümü direktörü oldu. 1915 yılında bütün zamanların en büyük yapıtlarından ve özel

relativitenin bir ileri safhası olan 'Genel Relativite Teorisini' yayınladı. Bu sırada 36 yaşındaydı ve bir üniversite mensubuydu. Genel Relativitede gravitasyona yeni bir şekil getirdi ve kütleler arasındaki çekim kuvvetinin Newton'un belirttiği gibi kütlelerin birbirlerini çekmesinden değil, ağır kütleli cisimlerin açtığı çukurlara küçük kütleli cisimlerin düşmesinden ileri geldiğini ispat etti.

1933 yılında Amerika'ya göç etti ve bir daha Almanya'ya geri dönmedi. Parçacık fiziği konusunda bir uzman olmayan Einstein 'kendi başlattığı' kuantum mekaniğine de inanmadı. Atom içindeki parçacıkların inanılmaz ve tuhaf davranışlarını 'Tanrı evrenle zar atmaz' ve 'Tanrı titizdir ama zalim değildir' sözleriyle cevaplandırdı. Amerika'daki atom ve hidrojen bombaları imalat projeleriyle hiç ilgilenmedi.

1926'dan sonra 30 yıl boyunca fizikten uzaklaşan Einstein, gravitasyon, elektromanyetik ve nükleer kuvvetleri birleştiren 'Büyük Birleşik Alan Teorisi' ile uğraştı. Fakat bundan bir sonuç alamadı. l952 yılında İsrail Cumhurbaşkanlığı teklif edilen Einstein bunu ret etti.

Amerika'daki yaşamı boyunca hiç bir lükse sahip olmadı ve sade bir hayat sürdü. Evi ile işi arasında üniversitenin servis otobüsü ile seyahat etti ve bir otomobil sahibi olmadı. 1955 yılında Princeton'da öldü. Einstein'a Nobel ödülü 1921 yılında, teorileri arasında en az öneme sahip olan fotoelektrik etki çalışmasından dolayı verilmişti.

Einstein'ın bulduğu ve modern kozmolojinin başlamasına sebep olan 'relativite kuramları' nedir?

Relativite, bir şeyin başka bir şeye göre olan durum ve özelliğini açıklar. Lisanımızda buna, izafiyet, nisbiyet veya görecelik de denir. Kuram, kozmos'taki en büyük cisimden, kuantum'daki en küçük cisme, yani **Kozmos'tan Kuantum'a**

kadar bütün maddelerin davranışlarını, Büyük Patlamadan günümüze kadar geçen her olayı içine alır.

1666 yılında Newton tarafından yaratılan ve dünyasal olayları öngören klasik fizik yasalarını ortadan kaldıran Einstein'ın teorileri evren boyutunda geçerli olan modern fiziği başlattı. Relativite kuramları, ışığın kendine has özellikleri ve ışık hızının asla değişmeyen bir sabit sayı olması üzerine kurulmuştur. Relativite, 'evrenin neresinde olunursa olunsun doğa yasaları aynıdır, bir olay bir başkasına aynı gözükmese bile' der. Yasalar sabittir fakat fenomenler relatifdir. Bu ifade, Einstein'ın teorilerinin arkasındaki genel fikirdir.

Einstein, Özel Relativite Teorisinde, boyutların ve zamanın mutlak olmadığını, bir cismin boyutlarının ve gözlenen zamanın gözlemciye göre relatif olduğunu, ışığın daima aynı hızla ve gözlemciye göre relatif bir hızda yol aldığını, bir cismin kütlesinin onun hızı yükseldikçe artacağını, hız yükseldikçe cismin boyunun kısalacağını, ışık hızına ulaşılınca cismin kütlesinin sonsuz, boyunun ise sıfır olacağını, hız arttıkça zamanın yavaşlayacağını, hiç bir şeyin ışık hızına tam olarak ulaşamayacağı ve ışık hızından daha hızlı asla gidemeyeceğini, enerjinin kütleye eşit olduğunu ispat etti.

Özel relativite, ışık hızına yakın hızlarda ve bir gözlemciye göre herhangi bir hızlanma veya yavaşlama olmaksızın 'sabit hızda' hareket eden cisimleri ve hızlarını inceler. Genel relativite ise, bir gözlemciye göre hızlanan veya yavaşlayan 'ivmeli hızlarda' yol alan cisimleri ve hareketlerini inceler. Einstein genel relativite kuramında, gravitasyonun yerini alan uzay-zaman eğriliğini ispat etti. 'İvmeli' hızları inceleyen genel relativite, 'ivmesiz' hızları inceleyen özel relativitenin daha gelişmiş bir şekli olup, Einstein genel relativiteyi ilk teorisinden 10 yıl sonra yayınladı.

Binlerce yıldan beri süre gelen bilimsel inanışları değiştiren ve kozmolojiye yeni bir anlayış getiren bu iki kuramın genel hatları ile bilinmesi faydalı olacaktır.

Özel Relativite kuramı:

Einstein'ın Özel Relativite Kuramının sonuçları, hız, uzunluk, kütle, zaman ve enerji ilişkileriyle özetlenebilir. Kurama göre, doğa yasaları birbirine göre sabit hızlarda hareket eden bütün gözlemcilere göre aynıdır.

Yeryüzü üzerinde hareket eden bir cismin hızı, Dünya'nın kendisi veya üzerindeki başka bir cisme göre tayin edilir. Yolda giden bir otomobilin hızı, altında sabit duran yol veya kenardaki bir ev veya ağaç gibi cisimlere göre tayin edilir. Yani bir cismin hareket edip etmediğinin anlaşılması için, yakınında duran başka bir cismin bulunması gerekir. Gök cisimlerinin çok uzağında bir uzay gemisi içinde yol alan bir kimse ise, hızı ne olursa olsun, hareket halinde bulunduğunu bile anlayamaz. Çünkü yakınında referans alacağı bir cisim yoktur.

Uzay boşluğunda yol alan bir uzay gemisinin yanından daha hızlı giden başka bir uzay gemisi geçtiğinde, birinci gemideki kimse ikinciye baktığında, kendisinin geri yöne doğru yol aldığını, ikinci geminin ise yerinde durduğunu sanabilir. İkinci de, birincinin durduğunu, kendisinin ileri gittiğini veya kendisinin durmakta olduğunu ve birincinin geriye doğru yol aldığını düşünebilir. Çünkü civarda her iki gemi içindeki kimselerin bakıp referans alabilecekleri bir gök cismi yoktur. İki kişiden her biri sadece birbirine göre bir hareketin var olduğunu görür, fakat kimin hareket halinde olduğunu anlayamaz.

Buradan çıkan sonuç, evrendeki bütün hareketler 'relatif'dir, yani izafidir. Dünya üzerindeki hızlar ise 'mutlak'tır. Çünkü

böyle hızlar Dünya üzerinde sabit duran başka bir cisme göre tayin edilir. Dünya veya başka bir gök cismi üzerindeki hareketlere relativite tatbik edilemez, çünkü böyle hareketlerde daima o cisim veya onun üzerindeki sabit bir şey referans olarak alınır. Gök cisimlerinin uzağındaki bir evren boşluğunda ise hız bir anlam taşımaz.

Evrendeki her gök cismi hareket halindedir, hepsi birbirinin etrafında dönmektedir. Evrende sabit duran bir şey yoktur. Hareket halinde olan Dünya'nın üzerinde yaşayan insan, Dünya'nın hareket halinde olduğunu asla bilemez. Bunu ancak Güneş'e bakarak söyleyebilir. Bu gerçekten yola çıkan Einstein, Dünya'dan bakarak evrende bir eterin bulunup bulunmadığının anlaşılamayacağını belirtmiştir. Eğer evrende eter bulunsaydı cisimler durağan ve sabit hızlara sahip olurdu.

Duran bir gözlemciye göre ışık hızı daima sabittir, asla değişmez. Işık hangi kaynaktan çıkarsa çıksın hızı evrenin her yerinde aynıdır, yani ışık hızı evrensel mutlak bir sabittir, Işığın çıktığı kaynak gözlemciye doğru veya ters yönde hangi hızda giderse gitsin, ışık gözlemciye aynı hızda ulaşır. Işığı meydana getiren foton parçacıklarının her biri boşlukta her yöne aynı hızda, ışık hızında giderler. Işık hızı evrenin en büyük hızıdır ve hiç bir şey bu hızdan daha hızlı yol alamaz.

Işık hızından küçük hızlar kaç defa birbirine eklenirse eklensin, sonuçta yine ışık hızı elde edilir. Işık hızından daha büyük bir hız asla elde edilemez. Bu durum, doğanın ışığa tahsis ettiği bir 'tuhaf özellik' olup, evrendeki başkaca bir cisimde yoktur. En hızlı yol alan parçacık bile ışık hızının %99.99'una ulaşabilir fakat %100'üne asla. Bu özellik tarihte sadece Einstein tarafından bulunmuştur ve Einstein'ın teorilerinin temelini teşkil etmektedir.

Gözlemciye doğru veya onun tersi yönde 250.000 km/saniyelik hızda giden bir kaynaktan çıkan ışık demetleri, gözlemciye yine 300.000 km/saniyelik hızda ulaşır. Halbuki, Dünya üzerinde 100 km/saatlik hızda giden bir trenden 25 km/saatlik hızla aynı yöne fırlatılan top 125 km/saatlik bir hızla yol alır. Veya tersi yönde fırlatıldığında topun hızı 75 km/saat olur. Işık durumunda ise toplama ve çıkartma yapılamaz ve sonuç daima 300.000 km/saniye olur.

Bir jet uçağının pilotu arkasındaki ses patlamasını işitemez. Zira uçak ses hızından daha hızlı gitmektedir. Fakat bir uzay gemisi içindeki kimse arkasındaki bir kaynaktan çıkan ışığın onu sabit bir hızla geçip gittiğini görür. Bir noktada meydana gelen etkinin belli bir uzaklıktaki başka bir noktada ortaya çıkması süresi, ışığın bu iki nokta arasında seyahat etme süresinden daha çabuk değildir. Bir olay, iki ayrı yerde aynı anda olamaz. Bunun sebebi ışık hızının sonsuz olmaması, boşlukta 300.000 km/saniyeden farklı bulunmamasıdır. Güneş'in ışığı bize 8 dakikada ulaşır. Güneş'teki bir olay Dünya'dan ancak 8 dakika sonra görülebilir. Dünya'daki bir olay da oradan yine aynı süre sonunda görülür.

Işık hızına yakın hızlarda uzay boşluğunda yol alan iki uzay gemisinde bulunan kimseler yan yana geldiklerinde birbirlerinin gemilerinin boylarının kısalmış olduğunu görürler. Gemiler birbirine doğru da yol alsalar, aynı yönde de gitseler, ışık hızına yakın hızlarda sonuç aynıdır. Her bir gemi içindeki kimse kendi gemisinin boyunu orijinal uzunluğunda ölçer, diğerinin boyunu ölçtüğünde ise, onun kısaldığını görür.

Bir istasyonun platformunda duran kimse önünden hızla geçen trenin pencere genişliğini, trenin içinde oturanın ölçtüğünden daha kısa ölçer. Tren hızlandıkça genişlik daha da kısalır ve tren ışık hızına ulaşınca pencere genişliği ona sıfır görülür. Tren içindeki kimse ise bunların farkında değildir ve

kendisinin durduğunu, platformdaki kimsenin aynı hızda ters yönde gittiğini düşünür ve penceresinin uzunluğunun değişmediğini görür.

Bütün bunlar, 'birbirine göre hareket halinde olan' iki kimsenin birbirlerinin boyunu ölçmek istemeleri halinde geçerlidir. Hareket halindeki kimseler kendi durumlarının farkında olamaz ve kendi taraflarında her şeyin normal olduğunu görürler. Birine göre kendisi duruyor diğeri hareket ediyor, kendisi normal diğeri kısalmıştır. Diğerine göre de aynı şeyler birinci için geçerlidir.

Bir kimsenin diğer bir kimseye göre hareketli olması halinde ve ışık hızına yakın hızlarda görülen bu relatif durum Dünya üzerindeki günlük yaşamda fark edilemez. Çünkü ışık hızı çok yüksek ve insan yaşamındaki en büyük hız bunun yanında çok küçüktür. Ses hızı ile giden bir uçağın kısalma miktarı bir metrenin trilyonda biri kadardır. Evrende ve atom hızlandırıcılarında ışık hızına yakın hızlarda giden cisimler arasında ise çok belirgindir.

Özel relativitenin diğer bir sonucu ise hareket eden bir cismin kütlesinin artmasıdır. Evren boşluğunda yol alan iki uzay gemisindeki kimseler yan yana geldiklerinde her biri diğerinin gemisinin ağırlığının artmış olduğunu görür. hızlar yükseldikçe kütlelerdeki artışlar da fazlalaşır. Bu durum cisimlerin aynı veya ters yönde yol almalarının her ikisinde de geçerlidir. Cisimlerin hızları ışık hızına ulaşınca kütleleri de sonsuz olur. Birbirlerinin kütlesinin arttığını ölçen gemi içindeki kimseler için kendi gemilerinin ağırlığı normal görülür ve ağırlıklarının arttığının farkına bile varamazlar.

Eğer cisim normal hızlarda yol alıyorsa verilen enerjinin tamamı cisme hız olarak girer ve cisim giderek hızlanır. Hareket halindeki cismin hızı arttıkça, hız olarak enerji girişi

azalır, kütle olarak giriş ise artar. Cismin hızı yükseldikçe kütle girişi artar ve hız ışık hızına yaklaşınca ek enerjinin tamamı kütle olarak girer. Bu durumda cismin hızının artışı çok yavaş, kütlesinin artışı ise çok hızlı olur. Işık hızına ulaşınca ek enerjinin tamamı kütleye dönüşür. Kütlenin artışı sırasında cismi oluşturan atomların sayısı değişmez fakat atomlarını meydana getiren parçacıkların kütleleri fazlalaşır.

Bir cismin hızlandırılmasına o cismin kütlesi direnç gösterir. Hareket eden cismi hızlandırdıkça onun kütlesi artacağından, cis- min göstereceği direnç de büyür ve onu daha fazla hızlandırmak zorlaşır. Cisim ışık hızına ulaşınca kütlesi sonsuz olur. Sonsuz kütle olamayacağından ışık hızına asla ulaşılamaz. Dünya üzerindeki hızlar ışık hızının yanında çok küçük olduğundan günlük yaşamdaki kütle artışları anlaşılamaz.

100 kg ağırlığındaki bir insan 30 km/saatlik hızla koştuğunda onun ağırlığı 1 gramın 100 milyarda biri kadar fazlalaşır. Fakat koşan insanın boyutları yine aynıdır. Zira bir cismin kütlesi, o cismin fiziksel boyutları değişmeden de artabilir. Sonuçta, ışık hızına yakın hızlarda yol alan bir cismin uzunluğu bir gözlemciye göre kısalırken, onun kütlesinde artış meydana gelir.

Özel realtivitenin diğer bir sonucu zaman'dır. Işık hızının mutlak bir sabit değer olması üzerine Einstein, uzay ve zaman kavramlarına yeni bir yön verdi ve uzay ve zamanın birbirinden bağımsız olmayan iki değer olduğunu ispat etti. Zamanı dördüncü bir boyut olarak ele aldı ve evreni en, boy, yüksekliğin yanına zaman'ı da koyarak 'dört boyutlu' olarak tarif etti. Işık hızının sabitliği ve dört boyutlu uzay-zaman kavramı özel relativitenin temelini oluşturmaktadır. Geçmişten geleceğe doğru akan bir boyut özelliğinde olan zaman, dördüncü bir boyut olarak uzayın ayrılmaz bir parçasıdır.

Zamansız uzay tarif edilemez. Uzay da zamandan soyutlanamaz.

Günlük yaşamda zaman, bir cisme veya bir olaya dayanılarak ölçülür. Zaman, duran ve hareket eden gözlemciler için farklıdır. Hız arttıkça zaman azalır ve saatler yavaş işler. Relatif olan zaman için ideal standart, ışık hızıdır. Işık hızına ulaşılınca zaman durur. Zamanın evrensel bir standartı yoktur. Bizim Dünya üzerindeki zamanımız, evrenin başka bir yerindeki gözlemcinin zamanı ile aynı oranda akmaz. Yani zaman mutlak değildir.

Evren boşluğunda ışık hızına yakın hızlarda yol alan iki uzay gemisinin içindeki kimseler yan yana geldiklerinde, her biri diğerinin saatinin geri kalmış olduğunu görür. Saatlerindeki geri kalış, 260.000 km/saniyelik hızda, yarı yarıyadır. Her ikisi de karşısındakinin saatinde aynı yavaşlamayı görür. Gemiler uzayda sabit durduklarında saatleri aynı zamanı gösterir. Her iki kimse kendi saatinin gösterdiği zamanı normal ölçer. Farklı zaman ölçümleri birbirine göre ışık hızına yakın hızlarda yol alanlar için geçerlidir. Hareket eden cisimler arasında olan zaman yavaşlamasının sebebi, ışık dalgalarının birinden diğerine ulaşması için geçen zaman aralığıdır.

Benzer şekilde, platformda duran bir kimsenin önünden hızla geçen bir tren içindeki insanın saati, platformdaki kimseye geri kalmış gözükür. Platformdakinin saati ise trendekine geri kalmış gözükür. Yani, hareket eden saat duran bir saate göre daha yavaş çalışır.

Dünya üzerindeki hızlarda zaman yavaşlaması hissedilemeyecek kadar küçüktür. 4000 km/saatlik hızla giden uçaktaki saatler, yerde duran bir gözlemcinin saatine göre, bir saniyenin trilyonda biri kadar geri kalır.

Bir uzay gemisi içindeki zaman yavaş işleyeceğinden, onun içinde bulunanlar için biyolojik mekanizma da yavaş çalışır ve

gemi içindeki insanlar, duran bir gözlemciye göre daha uzun yaşar. Dünya'dan 10 ışık yılı uzaktaki bir gezegene doğru ışık hızına yakın bir hızda yol alan bir uzay gemisinin gidiş-dönüşü, Dünya üzerindeki insanlar için 25 yıl sürecekse de, bu süre gemi içindeki insanlar için daha kısa hesap edilir. Gemidekiler dönüşlerinde, Dünya'da bıraktıkları ikizlerini kendilerinden daha yaşlanmış bulurlar.

Işık hızına yakın bir hızda Dünya'dan uzaklaşan gemideki ikiz kardeşe Dünya'daki olayların ışık dalgaları, Dünya'da bıraktığı ikizine ulaşmasından daha geç ulaşır. Çünkü o, büyük bir hızla Dünya'dan uzaklaşmaktadır. Gemi içindeki olayların ışık dalgaları da Dünya'daki ikize daha geç ulaşır. İki kardeş arasında hızlanan, gemi içinde olanıdır. Gemideki ikiz dönüşünde Dünya'daki olayları normal hızlarından daha hızlı oluyormuş gibi görür. Dünya'da kalan ikiz ise gemi içindeki olayları, normal Dünya olaylarının hızlarından daha yavaş oluyormuş gibi görür.

Sonuçta, gemi içindeki olayların 5 yılı Dünya üzerindeki olayların 10 yılına karşılık gelir. 250.000 km/saniyelik bir hızla 5 ışık yılı uzaktaki bir gezegene giden kimse dönüşünde, Dünya'da bıraktığı ikiz kardeşini kendisinden 5 yaş daha yaşlı bulur. Işık hızının %98'i ile yol alan kimsenin saati 10 yıl geçtiğini gösterirken, bu süre Dünya'nın 55 yılına tekabül eder. 27 yaşındaki adam, Dünya'da bıraktığı 3 yaşındaki oğlundan dönüşünde 21 yaş daha genç olur.

'Zaman genleşmesi' adı verilen bu durumda mutlak zaman kavramı yok olmuştur. Birbirine göre hareket eden kimseler zamanı farklı şekillerde ölçerler. Daha hızlı hareket içinde olanlar için zaman daima daha yavaş işler ve onlar daha yavaş yaşlanırlar. Zamanın yavaşlaması sadece saatlere ait bir olay olmayıp, her türlü organik, biyolojik ve anatomik yapılar için de geçerlidir. Işık hızının %99'u bir hızla yolculuk edenler

Dünya'da bıraktıklarından 7 kat daha yavaş yaşlanırlar. Einstein'ın Relativite Teorisi zamanın nasıl yavaşlatılabileceğini ve zamanda nasıl geri gidilebileceğini göstermiştir.

Eintein'in Özel Relativite Teorisinin sonuçlarının sonuncusu ve en meşhuru 'kütle-enerji' eşitliğidir. Bu eşitlik $E=mc^2$ formülü ile gösterilir. E=enerji, m=cismin kütlesi, c^2= ışık hızının Karesi'nden, cismin enerjisi, kütlesi ile ışık hızının karesinin çarpımına eşittir. Hız arttıkça kütle artar. Kütle fazlalaşınca enerji çoğalır. Bu formüle göre, kütle ve enerji aynı şeyin farklı görünümleridir ve birinden diğeri elde edilir.

Cisimlerin kütleleri içinde saklı enerjileri bulunur. Cismin kütlesinin bütünü enerjiye dönüştürülebilir. Madde ortadan yok olunca yerine sahip olduğu enerji gelir. Enerjiden de kütle elde edilir. Bu yapıldığı zaman cisimden muazzam miktarda bir enerji açığa çıkar. Bir gramlık kömürün kütlesi enerjiye dönüştürülünce, bu formüle göre, meydana gelecek enerji 900.000.000.000.000.000.000 $cm^2/sn^{2'}$lik bir miktar olur ve bu da 21.500.000.000 Kcal verir. Bu miktar enerjiye eşit ısı, 215.000 ton suyun sıcaklığını 100 dereceye çıkarmaya yeterli bir enerjidir.

Az bir maddeden çok yüksek miktarda enerji elde edilmesinin altındaki neden, ışık hızının sahip olduğu yüksek değerdir. Einstein'ın bu formülünden sonra atom çekirdeğinin içinde saklı olan muazzam miktardaki enerjiler anlaşıldı ve atom bombası imal etme fikri edinildi. Nükleer enerji, bu formül sonrasında ortaya çıktı ve günümüzdeki atom endüstrisini geliştirdi.

1666 yılında Newton tarafından kurulan klasik fizik yasaları zamanın mutlak olduğunu, evrenin her yerinde değişmez bulunduğunu, kütle, enerji ve uzaklığın da mutlak olduğunu, kütle ve enerjinin farklı şeyler olduğunu, daha sonra Maxwell

tarafından bulunan elektromanyetik yasaları evrende eterin mevcut olması gerektiğini öngörmüştü. Einstein'ın 1905 yılında yayınladığı kuramlar bütün bunları yıktı ve bilimde bir ihtilal yaptı. Newton'un yasaları Dünya üzerindeki olaylarda ve düşük hızlarda geçerliydi, evren boyutlarında ve ışık hızına yakın hızlarda bir anlam ifade etmiyordu. Einstein'ın yasaları ise evrenseldi.

Einstein, hız, uzunluk, kütle ve zamanın mutlak olmadığını, ışık hızının mutlak bir sabit ve evrendeki en büyük hız olduğunu, hız arttıkça uzunlukların kısalacağını, kütlelerin fazlalaşacağını, zamanın yavaşlayacağını, ışık hızına ulaşıldığında uzunluğun sıfır, kütlenin sonsuz olacağını ve zamanın duracağını, ışık hızına ulaşmak için cisme sonsuz enerji tatbik etmek gerektiğini, bunun da imkansız olduğu için ışık hızına ulaşılamayacağını, zamanın dördüncü bir boyut olduğunu, kütlenin enerjiye eşit bulunduğunu, biri arttıkça diğerinin de fazlalaşacağını buldu ve ispat etti.

Yayınlanmasından sonraki yıllarda özel relativite sonuçlarının muhtelif deneyleri yapıldı. Deneylerin hepsi doğru sonuç verdi ve deney sonuçları %1 hata payı ile teyit edildi. Atom hızlandırıcı- larının içinde ivmelendirilen ve ışık hızının %99'una erişen elek- tronların kütlelerinin 700 kat arttığı tespit edildi. Işık hızının %95'ine hızlandırılan protonların kütleleri de üç kat arttı. Atom çekirdeği etrafında yaklaşık 3000 km/saniyelik hızla dönen elektronların kütleleri bu hızda değişmekte ve elektronların çizdiği eliptik yörüngeler bir rozet şeklini almaktadır. Nitekim, hassas cihazlarda yapılan ölçümler sonucunda elektronların hızdan gelen kütle artışı ile eliptik yörüngelerinin birer rozet şekli oluşturdukları gözlendi. Işık hızı ile yol alan foton parçacıklarının kütleleri sıfır olduğundan onlar bu teori kapsamında incelenemez.

Gök cisimleri arasında yapılan birçok deneyde ve birbirinin çevresinde büyük hızlarla dönen çift yıldızların uzak ve yakın konumlarından alınan ışık deneylerinde, ışığın hızının değişken olduğu hiç bir zaman görülmedi. Deneylerdeki bütün ışık ışınları daima aynı hızda alındı. Eğer ışık hızı sabit olmasaydı, bu tür yıldızlar bazı zamanlar bir anda birden fazla konumlarda görülmüş olurdu.

Michelson ve Morley'in Dünya'nın hareket hızını ölçmek için yaptıkları deneyde, Dünya'nın uzaydaki hareketinin ışık dalgalarını etkilemesi araştırıldı. Fakat herhangi bir etki bulunamadı. Durağan haldeki ve bir alan içinde hızlandırılmış atomların titreşen elektronlarının her bir titreşime tekabül eden zamanları arasında bulunan farktan, hızlandırılmış atomlardaki zamanın daha uzun olduğu tespit edildi. Bu durum hızla zamanın yavaşladığı anlamına gelmektedir.

Uzaydan gelen muon parçacıkları ışık hızına çok yakın hızlarda yol alırlar. Yaşam süreleri ise saniyenin 2 milyonda biri kadardır. Bunların çoğu, çok kısa yaşam sürelerinden dolayı, yeryüzüne inemez ve atmosferin 600 metre yukarısında yok olurlar. Yine de, bir kısım muonların yaşam süresi, ışık hızına yakın hızlarından dolayı uzar ve bazıları yeryüzüne ulaşmayı başarır. Dünya üzerinde bir takım muonlara rastlanır.Yeryüzüne ulaşmayı başaran muonların yaşam süreleri, yüksek hızları yüzünden zaman genleşmesiyle uzamıştır.

Güçlü nükleer kuvvet tarafından bir arada tutulan proton ve nötronlar birbirinden uzaklaştırıldığında bir enerji açığa çıkar. Parçalanan çekirdeğin parçalarının toplamı, çekirdeğin parçalan- madan önceki kütlesinden daha azdır. Enerji, aradaki kütle farkından ileri gelir. Yapılan deneylerde, parçalanan çekirdekteki parçaların kütlelerinin toplamının, çekirdeğin parçalanmadan önceki kütlesinden daha az olduğu birçok kere

tespit edildi ve açığa çıkan enerjinin değerinin, $E=mc^2$ formülüne göre, aradaki kütle farkına eşit olduğu bulundu. Patlatılan atom ve hidrojen bombalarında $E=mc^2$ eşitliği defalarca ispat edilmiş oldu. Yıldızlar içindeki hidrojenin yanarak helyuma dönüşmesi sırasında meydana gelen füzyon reaksiyonu da aynı eşitliğin bir sonucu olmaktadır.

Genel Relativite kuramı:

Einstein'ın Genel Relativite Teorisi, özel relativitenin daha ileri ve gelişmiş şeklidir. Bütün zamanların en önemli teorilerinden olan bu kuram Einstein'ın en büyük eseridir. Özel relativitenin değişmeyen sabit hızla giden cisimlerin davranışları üzerine kurulmasına karşılık, genel relativite sabit olmayan hızlarda yani, gittikçe hızlanarak veya yavaşlayarak yol alan cisimlerin durumlarını inceler. Teoriye göre doğa yasaları, birbirine göre hızlandırılmış veya yavaşlatılmış hızlardaki bütün gözlemcilere göre aynıdır.

Genel relativite, bir 'gravitasyon' teorisidir. Bu teori gravitasyon kuvvetine yeni bir anlam getirmiştir. Gravitasyonun, kütlenin uzay-zamanda açtığı bükülmenin sonucu olan ivmelenmeden ileri geldiğini belirtir. Einstein'a göre gravitasyon, Newton'un belirttiği gibi cisimler arasındaki basit bir çekim kuvveti değildi. O, uzayın içindeki cisimler yüzünden aldığı geometrik bir özellikti. Uzay, ağır kütleli cisimlerin etrafında eğilip büzülüyor ve civardaki küçük kütleli cisimler de bu çukurlara doğru çekiliyordu.

Gerçekte, büyük cisim küçük cismi kendine doğru çekmiyor, küçük cisim, büyük cismin uzayda açtığı çukura doğru çekiliyordu. Eğer gravitasyon sadece kütleler arasındaki basit bir çekim kuvveti olmuş olsaydı, bu takdirde ışık ağır gök cisimlerinin yanından geçerken bükülmezdi. Çünkü ışığı

oluşturan fotonların kütleleri yoktur. Relativite, ağır cisimlerin uzay-zamanı çökertip etraflarında bir çukur açtığını, ışığın yakından geçerken, çukurun eğriliği yüzünden yolunu değiştirdiğini belirtir. Bu durumda, gravitasyon, uzay-zaman eğriliği anlamına gelir.

Özel relativite ile birlikte modern kozmolojinin temelini kuran Genel Relativite Kuramı, uzay, zaman ve hareket yasalarına yeni bir anlayış getirdi. Teori, cisimlerin, biri zaman üçü ise uzay olan dört boyutlu uzay-zaman içinde hareket etmekte olduklarını gösterdi. Denklemleri, uzay-zamanın ağır cisimlerin etrafında eğrilmiş ve büzülmüş olduğunu, bu ağır cisimlerin yanından geçen diğer cisimlerin bu eğrilmiş uzayın eğriliğini takip ederek onların etrafında döndüklerini ispat etti. Ağır ve hafif cisimlerin birlikte bir gravitasyonel alan içinde hareket etmeleri, cisimlerin kütleleri ne olursa olsun, hareketleri sadece büzülmüş uzayın eğriliğine bağlı idi.

Dünya, Güneş'in kütlesinin uzay-zamanda açtığı eğriliğin içinde spiral bir yörüngede dolanır. Bu yüzden Dünya her yıl yörüngesinin aynı noktasına gelir, fakat her yıl biraz daha ileri gider. Dünya'nın Güneş etrafındaki eliptik yörüngesi sonuçta, Güneş ilerledikçe, onun gidiş yönünde spiral bir çizgi çizer. Bu durum, genel relativitenin bir sonucudur. Bir basketbol topu fırlatıldığında, top düz bir yol izlemek ister, fakat Dünya'nın uzay-zamanda açtığı eğriliği takip ederek potaya doğru yol alır.

Uzay boşluğunda sabit bir hızla yol alan bir uzay gemisi içindeki insanlar geminin içinde ağırlıksız olarak yüzer. Çünkü gemi bir gök cisminden çok uzaklaşmıştır. Bu sırada geminin arkasında büyük bir gök cismi belirirse, o zaman gemi içindekiler birden o cisme doğru çekilir. Geminin arka tarafındaki gök cismini göremeyen insanlar geriye çekilmenin geminin ileri doğru hızlanmasından meydana geldiğini düşünür.

Halbuki geriye itilme, arkadaki gök cisminin çekim kuvvetinden ileri gelmiştir.

Arkadaki cisme düşmemek için geminin gidiş hızını yükseltmesi gerekir. Yükseltilecek hızın, gerideki cismin çekim kuvveti kadar olması halinde gemi o cisme düşmekten kurtulur ve yoluna devam edebilir. Cismin çekim kuvveti geminin hızından fazla ise, sonunda gemi o cisme doğru çekilir ve ona düşer. Arkadaki gök cisminden haberleri olmayan yolcular ise koltuklarında ileri-geri hareketlerinin, uzay gemisinin hızını azaltması veya yükseltmesinden ileri geldiğini sanırlar.

Yukarı doğru çıkan bir asansör içindekiler aşağı doğru çekilir, yani daha ağırlaşmış gözükürler. Asansörün çıkma hızı arttıkça içindekilerin tabana çekilme kuvveti de o kadar fazlalaşır. Asansör aşağı inerken bunun tersi olur ve içindekiler bu defa tavana itilir ve hafiflemiş gözükürler. Asansör, serbest düşme hızı olan 9.8 metre/saniyelik bir hızla inerse, içindekilerin bir ağırlığı kalmaz ve asansörün içinde yüzüyorlarmış gibi olurlar. 9.8 metre/saniyelik hızdan daha hızlı inerse içindekiler tavana, daha yavaş inerse tabana çarparlar.

Asansörde duran ve yere doğru çekildiğini hisseden bir kimse, asansörün yerinde durmakta olduğunu veya Dünya'nın çekimine eşit bir kuvvetle orantılı olarak yukarı doğru itildiğini anlayamaz. Gravitasyon kuvveti ve ivmeyle yapılan kuvvet arasındaki farkı açıklayacak bir yol yoktur.

Sonuç olarak, uzaydaki bir noktada değişen hareketlerdeki hızlanma ve yavaşlamanın etkileri kütlesel çekim etkisi ile eşdeğerdir. Bu iki etki birbirinden ayırt edilemez. Yani, Hızlanan veya yavaşlayan hareketlerde meydana gelen çekilme ve itilme etkileri ağır cisimlerin gravitasyon etkilerinin bir sonucudur.

Yüksek bir yerden düşmekte olan bir insan bir taş bıraksaydı önünde düşmekte olan o taşı duruyormuş gibi görürdü. Bu bir 'serbest düşme' durumudur. Düşüş sırasında taş adama duruyormuş gibi görünürken, kütlesel çekimin etkisiyle bir an askıda kalan adam, bir kaç saniye için kendisini de hareketsiz sanırdı. Einstein'a göre, ağır ve hafif cisimlerin birlikte bir gravitasyonel alan içinde hareket etmeleri, cisimlerin kütleleri ne olursa olsun hareketlerinin sadece uzayın eğriliğine bağlı olmaları yüzünden, ağır cisimler hafif cisimlerle aynı hızda düşer. Hızlanmakta olan roketin içinde bir taş yere bırakılınca, taş yerinde asılı durur ve roketin tabanı taşa çarpar. Sabit hızla giden rokette ise, taş roketin tabanına düşer.

Genel relativitenin diğer bir sonucu, hafif cisimlerin ağır kütleli cisimlerin yanından geçerken yönlerini değiştirmesidir. Güneş bulunmasaydı Dünya uzayda düz bir yol boyunca ileriye giderdi. Güneş'in ağır kütlesi civarındaki uzayı çukurlaştırmış olup, Dünya bu çukur uzayın içinde ve Güneş'in etrafında milyarlarca yıldan beri dönmektedir. Dünya da Ay'ı aynı şekilde etrafında tutabilmektedir. Uzayda yol alan ışık ağır bir gök cisminin yanından geçerken onun çekim alanı içine girince bükülerek yönünü değiştirir. Işığın bu sapması, ağır cismin büzdüğü uzayın çukurluğundan ileri gelir.

Dünya'dan bakılınca Güneş'in arka tarafında görülen bir yıldız gerçekte göründüğü yerde değildir. Gerçek yerinde bulunan yıldızdan çıkan ışın demetleri, Güneş'in etrafında hafifçe sapmış ve yön değiştirerek bize ulaşmıştır. Yıldızın gerçek yeri Güneş'in arkasında kaldığı için Dünya'dan görülemez. Işık ışınlarının uzayda bükülüp yön değiştirmeleri, yanından geçtiği ağır cismin yarattığı gravitasyon kuvvetinin etkisine bağlıdır. Yani oradaki uzayın eğriliğine. Çekimin bulunmadığı yerlerde ise ışık ve cisimler doğru bir çizgi boyunca yol alırlar.

Cismin kütlesi büyüdükçe civarındaki uzayın eğriliği de artar ve çekim kuvveti fazlalaşır. Aynı kütle daha küçük hacim içine sıkıştırılınca, yani cismin yoğunluğu fazlalaştıkça çekim gücü yine artar, cisim civarındaki uzayı daha fazla büzer. Sonunda cisim bir karadelik olur, civarındaki uzay bir dipsiz kuyu haline gelir ve ışık dahil her şey ona doğru çekilir.

Genel relativite kuramının diğer bir sonucu, kütle ile zaman arasındaki ilişkidir. Kütle büyüdükçe zaman yavaşlar. Dünya'da zaman belirli bir hızla akarken, Dünya'dan daha kütleli Güneş yüzeyinde zaman daha yavaş akar. Dünya üzerinde 1 saniyeyi gösteren bir saat Güneş üzerinde 0.999998 saniyeyi gösterecektir. Yani, Güneş'teki saat her altı günde bir saniye kadar geri kalır. Bunun sebebi, büyük kütleli cisimlerin sahip oldukları daha büyük gravitasyonel kuvvet ile zamanı yavaşlatmasıdır. Zamanın akışı hem kütleye hem hıza bağlıdır.

Genel Relativite Teorisi özel bir evren modelini ortaya çıkardı. Öngördüğü modellerden birincisi 'tek boyutlu' evrendir. Bu bir düz çizgidir. Bu evrende sadece ileri ve geri gidilebilir. Tek boyutlu evren sonlu ve sınırlıdır. Düz çizgi kıvrılıp bir çember yapıldığında yine sadece ileri ve geri gidilebilir. Fakat hareketin bir sınırı yoktur ve böyle evrene tek boyutlu sonlu ve sınırsız evren' denir.

MÖ-290 yıllarında Euclid tarafından yaratılan geometri 19'cu yüzyılın sonlarına kadar kullanıldı. Bu süre içinde uzay Euclid geometrisi ile izah edildi. Euclid geometrisinde bir üçgenin iç açılarının toplamı 180 derece, uzay ise 'iki boyutlu düz ve sıfır eğrilikte' bir uzaydır. İki boyutlu uzay her yönde sonsuza kadar uzayan düz bir düzlemdir. Üzerinde yaşayanların üçüncü bir boyuttan haberleri yoktur. Böyle bir evrende ileri, geri ve yanlara gidilebilir. Fakat evrenin düz olan yüzeyinden dışarı çıkılamaz. Bu evrenin bir sınırı ve sonu vardır. Yani, iki boyutlu böyle bir evren sonlu ve sınırlıdır. Düzlem

kıvrıldığında bir silindir olur ve bu da sonlu fakat sınırsız bir evren modeli teşkil eder.

1823'de Macar Janos Bolyai, Euclid'inkinden farklı bir geometri keşfetti. Burada, düz çizgi düşüncesi jeodezik fikri ile yer değiştirdi. Jeodezik, eğri uzay-zamandaki iki nokta arasındaki en kısa mesafedir. Euclid'in iki boyutlu geometrisinde düz çizgilerin jeodezik olmasına karşılık küre şeklinde olan Dünya üzerinde ekvator veya bir boylam çizgisinin kesiti jeodeziktir. Her kenarı jeodezik olan bir üçgenin Euclid geometrisinde iç açılarının toplamı 180 derece olmasına karşılık, Bolyai geometrisinde bu 180 dereceden azdır. Bu bir hiperbolik şekil olup, üçgen küçüldükçe iç açıların toplamı 180 dereceye gittikçe yaklaşır. Aynı geometri, aynı yıllarda Rus Nikolai Lobachevsky tarafından da ileri sürülmüştü.

Euclid geometrisine başka bir alternatif 1850'lerde Alman Bernhard Riemann ve İsviçreli Ludwig Schlafli tarafından ileri sürüldü. Bu yeni alternatifte bir üçgenin iç açılarının toplamı daima 180 dereceden fazladır. Üçgenin boyutları büyüdükçe toplamın farkı da artar. Bu geometri diğerlerinden oldukça farklıdır. Schlafli kendi geometrisini dört boyutta çizilen bir hiperküre olarak tarif etmiş olup burada jeodezikler düz çizgiler olarak görülür. Riemann'in bir 'küre' olan geometrisine karşılık Bolyai'ninki bir 'semer' şeklindeki hiperboldür.

Üç boyutlu evren modeli, içi boş bir küredir. İçinde en, boy ve yükseklik boyutları vardır. Kürenin hacmi belli olduğundan bu evren sonlu ve sınırlıdır. İçinde her yöne hareket edilebilir, fakat dışına çıkılamaz. Dış çeperi kaybolmuş Riemann modelinde hacim sonlu fakat sınırları belirsiz, yani sınırsızdır. Riemann küresinde üçgenin boyutu büyüdükçe açılar da büyür. Bu evrende uzay limitsiz olarak genişler, üzerindekiler sağa,

sola, aşağı, yukarı gider fakat bir sınıra ulaşamaz. Düz bir yol boyunca gidenler sonunda başlangıç noktasına döner.

Evrende bir gravitasyon bulunuyorsa hareketler daima kürenin merkezine doğru olacak ve içindekiler bunun farkında olmayacaktır. Gravitasyonun bulunmadığı evrende ise hareketlerde bir sınırlama bulunmayacak ve evren sonsuz ve sınırsız bir evren olacaktır. Riemann geometrisi, uzay ve zamanın Büyük Patlamadan önce var olmadığını, şu anda genişleyen evrenin dışında da hiç bir şeyin bulunmadığını öngörür. Çünkü bu modelde her hangi bir 'dış' yoktur.

İçinde yaşadığımız evren üç boyuta ilave gelen zaman boyutunun da bulunduğu bir evrendir. Einstein, 'dört boyutlu' uzay-zamanın kütlelerin yanında eğilip büzülmüş olduğunu ve gravitasyonun da bu büzülmüş evren geometrisinden ileri geldiğini belirtti. Bu yeni uzay geometrisini, ışığın ağır gök cisimlerinin yanından geçerken bükülüp yönünü değiştirmesini öngörerek ispat etti.

Einstein, evrenin sonlu ve sınırsız olduğunu ileri sürdü. Bu modelde, bir kürenin sonlu ve sınırsız yüzeyi üzerinde bir doğru boyunca gidilince sonunda başlangıç noktasına dönülür. Bu yolculuk sırasında evren çemberi üzerinde dolaşıldığının farkına varılamaz ve düz bir alanda yol alındığı sanılır. Evren, sınırsız olduğundan Dünya'dan ayrılan ve düz bir çizgi boyunca yol alan sonunda yine Dünya'ya dönmüş olur. Tekrar aynı noktaya dönüldüğünden, evren sonludur.

Bu modelde evren kapalıdır, yani bir dış kenarı yoktur. Genel relativiteye göre sonlu ve sınırsız evren, durağan bir evrendir. Bu model, Einstein'dan sonra galaksilerin birbirinden uzaklaştıklarının ve Büyük Patlama ile başladığının anlaşılması üzerine revize edilerek 'genişleyen evren' modeli haline dönüştürüldü.

Özel relativiteye çekimin girmesiyle genişleyen ve genelleşen genel relativite, uzay-zaman devamlılığı düşüncesini getirdi. Böyle bir devamlılıkta zaman bir dördüncü boyut olarak ele alındı. Einstein bu kuramında gravitasyona yeni bir şekil verdi ve onun uzay-zamanın bir özelliği olduğunu belirtti. Gravitasyonun kütleler arasındaki çekim kuvveti olmayıp, cisimlerin yanında eğrilip büzülen uzay-zamanın içine düşen daha hafif cisimlerin durumu olduğu, gravitasyonun bulunmadığı durumlarda doğru çizgi boyunca yol alan ışık ve cisimlere karşılık çekim alanları içinde onların, uzay-zamanın değişikliği yüzünden yollarında sapma yaptıkları, güçlü çekim alanları içinde zamanın yavaşladığı, Einstein'ın matematiksel ispatlarından sonra, değişik deneylerle doğrulandı.

Newton'dan sonra, Güneş etrafında dönen gezegenlerin hareketleri büyük bir hassasiyetle hesap edilmişti. Fakat Merkür'ün yörüngesinde bir düzensizlik vardı ve Newton fiziği bunu hesap edemiyordu. Çünkü, Merkür Güneş'e en yakın olan gezegendi ve onun çekim kuvvetinden en fazla etkilenendi. Merkür'ün çizdiği eliptik yörünge hep aynı düzlemde kalmıyor, onun yörünge düzlemi de aynı yönde dönerek bir presesyon hareketi yapıyordu. Sonunda Merkür'ün yörünge çizgisi bir rozet şeklini alıyordu.

Merkür'ün yörüngesindeki hareketi sırasında her 100 yılda 43 yay-saniyesi kadar bir presesyona uğradığı Einstein'ın Genel Relativite Kuamının yayınlanmasından sonra, 1800'lerden beri bilinen bu durum, başarılı bir şekilde izah edilebildi. Dünya'nın yörünge düzlemindeki benzer sapma ise her 100 yılda 3.8 yay-saniyesi kadardır. Diğer gezegenlerde de mevcut olan aynı hareket ihmal edilecek kadar küçüktür, ama mevcuttur.

Atomların içinde çekirdeğin etrafında büyük bir hızla dönen elektronların, çekirdeğin çekme kuvveti sonucunda yaptıkları eliptik yörüngelerde de sapmalar olmakta, sonunda yörünge

çizgileri birer rozet şeklini almaktadır. Yapılan hassas deneylerde bu durum gözlenmiştir.

Genel relativitenin diğer bir denemesi Güneş'in yanından geçen yıldız ışığının, onun çekim kuvveti ile eğilip yönünü değiştirmesi ile ilgilidir. Einstein hesaplarında sapmanın 1.75 yay-saniyesi olacağını öngörmüştü. 1919 yılındaki Güneş tutulması sırasında, biri Batı Afrika diğeri Brezilya'da alınan iki fotoğraf sonunda sapmalar 1.98 ve 1.60 yay-saniyesi olarak bulundu. 1960'lardan sonra gelişen radyo astronomi yardımıyla kuasarlardan gelen ışıkla yapılan deneylerde Einstein'ın hesapları %1'lik hata payları ile doğrulandı.

1990'da fırlatılan Hubble uzay teleskopu atmosfer dışından gözlemler yapmaya başladı. 8 milyar ışık yılı uzaklıkta bulunan bir kuasar'ın ışığı bizden 400 milyon ışık yılı mesafedeki bir galaksinin etrafından geçerken bükülmekte ve Hubble teleskopundan alınmaktadır. Galaksinin yanından geçerken onun gravitasyon gücü ile bükülen kuasarın ışığı, onu bize, galaksinin etrafında eşit aralıklarla dağılmış dört nokta olarak göstermektedir.

Uzayın, ağır cisimlerin etrafında çökmüş olduğunun yanında büzüldüğünü de gösteren bir deney 1964 yılında yapıldı. Güneş'in arka tarafı ile ön tarafından Dünya'ya gönderilen radyo sinyallerinin aralıklarında bir saniyenin birkaç milyonda biri kadar farklar tespit edildi. Bu durum Güneş etrafındaki uzayın büzülmüş olduğunu da gösteriyordu.

Genel relativitenin öngördüğü diğer bir iddia çekim alanlarında zamanın yavaşlayacağıdır. Bunun için gerekli deney ancak 1958'de Alman Rudolf Mössbauer tarafından keşfedilen 'Mössbauer etkisi' kullanılarak yapıldı. Bu etki, son derece küçük enerji değişimlerini büyük hassasiyetlerle belirler. Atomların çıkarıp soğurdukları fotonların frekanslarını çok

büyük hassasiyetle belirleyen Mössbauer etkisi ile yüksek bir binanın zemin ve en üst katına konan iki saat ile yapılan deneyde, zemin katındaki saatin daha yavaş işlediği tespit edildi.

Binanın zemin katı Dünya'nın merkezine daha yakın olduğundan daha güçlü bir çekim alanı içinde bulunur. Zemin kattaki saat ise daha yakınında olan Dünya'nın çekim alanının etkisiyle yavaşlar. Bulunan sonuç Einstein'ın matematiksel ispatına %1'den daha küçük bir farkla doğrulandı. 1960'larda 22.5 metre yüksekliğindeki bir binada yapılan deneyde, her 31.700 yılda, alt kattaki radyoaktif kobalt atomlarının titreşimlerinin 2 saniye kadar geri kaldığı tespit edildi.

Güneş'ten gelen ışığın spektrumundaki çizgilerin kırmızıya kaymasından oradaki atomların frekansları anlaşılabilir. Güneş ve Dünya üzerindeki benzer atomların titreşimlerinin sıklıkları ve titreşimleri arasındaki zaman aralıkları belirlenerek, Güneş'teki titreşim sıklıklarının daha az, titreşim başına düşen zamanın daha uzun olduğu bulundu. Buradan Güneş'teki zamanın, Dünya'dakine göre daha yavaş aktığı anlaşıldı.

Bunlara ilave olarak son zamanlarda gelişen yeni tekniklerle yapılan deneylerin tamamı relativite teorisini teyit etmiş ve evrenin yapısının açıklanmasını sağlamıştır. Planck uzunluğu 10^{-32} mm, Planck zamanı da 10^{-43} saniyedir. Işık 10^{-32} mm uzunluğu 10^{-43} saniyede almaktadır. Bu boyutlar zamanımızın en güçlü hızlandırıcılarında bile elde edilemeyecek kadar küçüktür. Planck boyutları ancak sonsuz büyüklükteki enerjilerde elde edilebilir. Böyle büyük enerji ve kütlelerde uzay-zaman son derece eğilip büzülür ve kuvvetlerin en zayıfı olan gravitasyon önem kazanır.

Kuantum Teorisi ile gravitasyonun birleşmesi henüz bilinmediğinden Einstein'ın relativitesinin kuantum seviyesinde bir deneyi mümkün olamamaktadır. Relativitenin sadece

görünen ve gözlenen cisimler üzerindeki deneyleri yapılabilmektedir. Bu yüzden Büyük Patlamanın Planck zamanından önceki safhasını bugünden bilebilmek imkansızdır.

1915'de yayınlanan Einstein'ın Genel Relativite Teorisi gravitasyona yeni bir anlayış getirmiş ve Newton'un teorisinin yerine geçmiştir. Einstein'a göre gravitasyon, yani kütlesel çekim cisimler arası bir kuvvet olmayıp, kütlelerin yanında eğilip büzülen uzayın bir geometrik özelliğidir. Modern kozmolojinin temelini kuran genel relativite, daha önce yayınlanmış özel relativitenin uzantısı olmuştur. Evrenin gözlemlenebilir sınırı olan 10^{27} kilometre büyüklükte olan yapısını inceleyen bir teoridir.

Evrendeki bütün kütleler birbirlerini daima çeker. Bu çekim kuvveti, iki cismin kütlelerinin çarpımının, aralarındaki uzaklığın karesine bölümünün, gravitasyon sabiti ile çarpımına eşittir. İki karşıt elektrik yükü birbirini çeker. Bu çekim kuvveti de aynı formülle izah edilir. İki zıt manyetik kutup da, aynı şekilde, birbirini çeker. Gravitasyonun sadece çekmesine karşılık, elektrik yükleri ve manyetik cisimler hem çeker, hem iter. İki benzer elektrik yükü ve iki aynı kutup birbirini iter. Bu durum, kütlesel, elektriksel ve manyetik çekimler arasında bir benzerliğin bulunduğunu ifade eder. Bunlar, sanki tek bir kaynağın değişik uzantılarıdır.

Genel Relativite Teorisinden sonra, 1920'lerden 1955'e kadar Einstein bütün zamanını 'Bileşik Alan Teorisi' üzerinde harcadı. Relativite kuramları böyle bir teorinin girişiydi. Einstein zamanında bilinen kuvvetler sadece gravitasyon, elektrik ve manyetik kuvvetlerdi. Elektriksel ve manyetik kuvvetler ondan çok önceleri Maxwell tarafından birleştirilmiş ve elektromanyetik kuvvet bulunmuştu. 1930'larda, diğer iki kuvvet olan zayıf ve güçlü nükleer kuvvetler ise henüz

bilinmiyordu. Bu iki kuvvet kuantum mekaniği kapsamına giren kuvvetlerdi ve Einstein kuantum mekaniğine inanmıyordu.

Bu, Einstein'ın 'tek' ve en 'büyük' hatası oldu. Einstein, elektromanyetizmanın gravitasyonla birleşeceğine inandı ve bu konu üzerinde 30 yıl boyunca çalıştı. Çıkardığı denklemlerin sonsuz çözümü vardı ve sonuç alamıyordu. Bir deneyi de yapılamıyordu. Öldüğü günün bir öncesi gün ölüm yatağında, teorisine son şekli verebilmek için Bileşik Alan hesaplarının son sayfalarının getirilmesini istemişti.

'Evrenin Teorisini' bulmak için 30 yılını veren Einstein'ın rüyası hala yaşamaktadır. Ölümünden 20 yıl sonra elektromanyetizma zayıf nükleer kuvvetle başarılı şekilde birleştirildi. Şu anda, ondan 40 yıl sonra da, elektrozayıf kuvvetle güçlü nükleer kuvvetin birleştirilme çalışmaları yapılmaktadır. GUT'un elde edilmesinden sonra, GUT ile gravitasyon birleştirilecek ve Her Şeyin Teorisi, evrenimizi ve bizi, bizlere açıklayacak olan TOE-Theory of Everything elde edilecektir. Einstein'ın 'son rüyası' devam etmektedir.

Kozmos, Evren Gerçeği

Kozmoloji evreni inceler. Evrenin gözlenebilir yapısını inceleyen astronomi, orijin ve evrimi ile ilgili teorileri inceleyen astrofizikten farkı, kozmolojinin evreni matematik ve fizik bilimlerini birleştirerek incelemesidir. Kozmolojinin konusu, evrenin başlangıcı, en geniş boyuttaki yapısı ve geleceğidir. 15 milyar yıl önce meydana gelmiş olan Büyük Patlamanın ilk saniyelerindeki olaylar ve milyarlarca ışık yılı uzaklıktaki gök cisimleri gibi, gözle gözlenemeyen şeyler ve onların teorileri kozmolojinin kapsamına girer.

Kozmolojide ilk bilimsel çalışmalar, 2'ci yüzyılda yaşayan Ptolemy tarafından yapıldı. Ptolemy'den önceki insanlar, Sümerliler, eski Mısırlılar, Çinliler ve ilk Yunanlılar yeryüzü ve yıldızlara mistik açıdan baktılar ve onları tanrıların uzantıları olarak gördüler. Dünya'yı evrenin merkezi olarak belirten Ptolemy, kendisinden 400 yıl önce yaşamış Hipparchus'un çalışmalarını geliştirerek ilk yıldız haritasını yaptı.

Ptolemy'nin fikirleri 1400 yıl devam etti. Dünya'nın yerinde sabit durduğunu, Güneş'in ve bütün yıldızların onun etrafında döndüğünü ileri süren Ptolemy'nin fikirleri doğru olmasa bile, gökyüzünün bilimsel incelemesi için ciddi bir başlangıçtı.

Bugünkü evren modelinin temelini 1530 yılında Polonyalı Nicolaus Copernicus kurdu. Gezegenlerin hareketini inceleyen Copernicus, ilk olarak MÖ-3'cü yüzyılda Aristarchus tarafından ileri sürülen Güneş merkezli sistemi savundu. Ptolemy'ninkinden daha basit olan bu sistemde, Dünya ve gezegenler Güneş'in etrafında tam bir daire çizerek dönüyorlardı. Copernicus modeline yapılan itirazların kaynağı, bir taşın yere dik olarak düşmesi ve yıldızların birbirine göre pozisyonlarının hep aynı olmasıydı. Eğer Dünya Güneş'in etrafında hareket ediyorsa bunların farklı yerlerde görülmesi gerekirdi.

Danimarkalı Tycho Brahe, gözle bile olsa yarım ark-dakikadan daha hassas olarak yaptığı ve bir ömür boyu süren ölçümlerinde yıldız pozisyonlarında bir sapma tespit etmedi ve Copernicus modelinin doğru olmadığını iddia etti. Halbuki, yıldızların sanıldığından çok daha uzaklarda bulunduğu ve yer değiştirmelerinin Dünya'dan gözle fark edilemeyeceği o zamanlar bilinmiyordu.

Copernicus'un hesaplarını ve Brahe'nin gözlemlerini kullanan Alman Johannes Kepler, 1600'lerin başlarında bilinen beş gezegenin Güneş etrafındaki yörüngelerinin birer elips olduğunu hesapladı. 1609'da yayınladığı birinci ve ikinci yasasında, her gezegenin odak noktasında Güneş'in bulunduğu bir elips çizdiğini ve Güneş ile gezegen arasındaki çizgilerin eşit zamanlarda eşit alanları süpürdüğünü belirtti. Bundan 10 yıl sonra bulduğu üçüncü yasasında da, yörüngesel periyotların karesinin, Güneş'e uzaklıklarının yarısının küpü ile orantılı

olduğunu gösterdi. Fakat Kepler, yörüngelerin neden eliptik olduğunu bilemedi.

Bir sonraki adım İtalyan Galileo'dan geldi. Hollanda'da bir cam ustasının iki merceği yan yana getirerek cisimleri daha büyük ve daha küçük gösterdiğini işiten Galileo, bu merceklerden ilk teleskopu imal ederek, Ay üzerindeki dağları ve Samanyolu içindeki yıldızların bolluğunu gördü. Venüs'ün yörüngesindeki görünüşlerini ve Jüpiter'in dört uydusunu gözleyen Galileo, Copernicus modelini teyit etmişti. Galileo, uzaya bir teleskopla bakan ilk insandı.

Galileo'dan 60 yıl sonra İngiliz Isaac Newton, gezegenlerin hızlarını ve uzaklıklarını hesapladı. Newton'un avantajı diferansiyel ve integral hesaplama metotlarını bulmuş olmasıydı. Kepler'in ikinci yasasına göre gezegenlere gelen bir merkezi kuvvetin bulunduğunu ispat etti ve bu kuvvetin formülünü çıkardı. Gravitasyon adı verilen bu kuvvetin, gezegenleri Güneş'in etrafında bir eliptik yörünge içinde tuttuğunu ve aynı kuvvetin cisimleri yeryüzü üzerine düşürdüğünü gösterdi.

Evrendeki her cisim arasında mevcut olan bu kuvvet, cisimlerin kütlelerinin çarpımının, aralarındaki uzaklığın karesinin bölümüne eşitti. Cisimlerin kütleleri arttıkça bu çekim kuvveti de artıyor, aralarında ki uzaklık büyüdükçe kuvvet küçülüyordu. Gezegenlerin dönüş periyotlarının Newton formülüne göre sonuçları, gözlenen değerlerden farklı çıktı. Çünkü Newton henüz, formülünün önüne konulması gereken gravitasyon sabitinin değerini ve Güneş'in kütlesini hesap edememişti.

Newton'dan bir asır sonra İngiliz Henry Cavendish, kurşun kürelerden yapılmış çok hassas askılı terazi deneyinde gravitasyon sabitinin değerini hesapladı. Bu değerin bulunmasıyla Güneş'in, Dünya'nın ve gezegenlerin kütleleri,

dönüş periyotları büyük bir hassasiyetle hesaplanabilir duruma geldi.

Gezegenler, Güneş'in etrafındaki hareketleri sırasında değişik pozisyonlarda birbirlerini gravitasyon kuvveti ile etkiler. aralarındaki bu etkiler onların hareketlerinde bazı düzensizliklere neden olur. 1781'de İngiliz William Herschel tarafından keşfedilen Uranüs gezegeninin, bulunması gereken yörüngede dönmediği anlaşıldı. Bu durumda, ya Newton'un gravitasyon teorisinde bir yanlışlık vardı yada, Uranüs'ün hareketini etkileyen başka bir şey bulunuyordu.

1845'de İngiliz John Adams ve Fransız Urbain Leverrier, birbirlerinden bağımsız olarak, Uranüs'ün yakınlarında başka bir büyük gezegenin bulunması gerektiğini hesapladılar. Uranüs'ün hareketindeki düzensizlikler yüzünden ileri sürülen bu cisim Neptün idi ve 1846 yılında gözlenmişti. 1900'lerin başlarında hem Uranüs hem Neptün'ün yörüngelerindeki düzensizlikler başka bir gezegenin varlığını öngörmüştü ve bu da 1930'da keşfedilen Pluto'ydu.

Copernik ile başlayan, Brahe, Kepler ve Galileo ile devam eden kozmoloji Newton'un matematiksel teorileriyle temeline oturmuştu. Artık Dünya'nın evrenin merkezi olmadığı, Güneş'in evrendeki birçok yıldızdan biri olduğu, gezegenlerin kütleleri, dönüş hareketleri anlaşılmıştı. Güneş'in etrafındaki cisimler öğrenildiğine göre artık daha uzaklara bakmak gerekiyordu.

Galileo'nun 30 defa büyülten ilk mercekli teleskopu imal etmesinden sonra Newton, daha güzel ve net görüntü veren konkav aynalı teleskopu yaptı. 2.5 cm çapında 15 cm uzunluğundaki bu ilk aynalı teleskop 40 defa büyültüyordu. 1781'de Uranüs'ü keşfeden Herschel 124 cm çapında aynalı teleskopu, İrlandalı William Parsons 1.8 metre çaplı ve 15 metre uzunluğunda olanı inşa ettiler. Güneş'in, galaksimizin

içindeki milyonlarca yıldızdan biri olduğu görüldü ve daha ilerlerde başka galaksilerin olabileceği düşünüldü. Ay ve gezegenlerin yüzeylerini gösteren teleskop, yıldızlarda fazla işe yaramıyor ve onları hala birer nokta halinde gösteriyordu.

17'ci yüzyılın ortalarında Güneş ışığını bir prizmadan geçiren Newton, beyaz ışığın bütün diğer renkli ışıkların bir karışımı olduğunu gösterdi. Daha sonra spektroskop imal edildi. İnce bir yarıktan geçen ışık ışını, prizmadan geçtikten sonra ışık içindeki her renk ayrı bir çizgiyi şekillendirdi. Sıcak gazlar düşük basınçta belli özel renkler çıkardı ve soğuyunca bu renkleri soğurdu. Bu renkler de spektrumda parlak ve karanlık çizgileri gösterdi.

1860'larda Alman Gustav Kirchoff ve Robert Bunsen, Güneş ışığının spektrumunda görünen binlerce karanlık çizginin Güneş'in dış yüzeyindeki kimyasal elementlerin parmak izleri olduğunu ispat ettiler. Daha sonra bu çizgilerin gök cisimlerindeki sıcaklık ve basınçları da gösterdiği anlaşıldı. Bütün bunlar Güneş dışındaki diğer yıldızlardan alınan ışık için de geçerliydi.

Bir atomun ortasında çok küçük fakat çok ağır bir çekirdek, etrafında da çok geniş bir hacimde yer alan elektronlar bulunur. Atom enerji kazanınca elektronlardan bazıları heyecanlanır ve daha yüksek enerji seviyelerine sıçrar. Elektronlardan biri eski enerji seviyesine geri dönünce foton çıkarır ve bu da radyasyona neden olur. Radyasyonun dalga boyu o elektronun geri dönüşünde meydana gelen enerjinin miktarına bağlıdır. Elektronun eski seviyesine dönüşünde açığa çıkan enerji miktarı büyüdükçe radyasyonun frekansı yükselir. Yoğun cisimlerdeki atomlar birbirlerine yakın konumlarda iken ortaya çok fazla farklı kuvvetler çıkar ve atomların elektronları da heyecanlanır. Elektronların farklı enerji seviyelerde gidip

gelmeleriyle de farklı frekanslarda radyasyon üretilir. Ve bir 'spektrum' meydana gelir.

Atomlar, gazlarda olduğu gibi, birbirlerinden uzak mesafelerde iken, aralarındaki kuvvetler küçük ve çıkan radyasyon da farklı olur ve bunlar spektrumda dar ince çizgiler şeklinde görülür. Bu çizgilerden o gazın özellikleri tanımlanabilir. Bir yıldızın yüzeyindeki sıcak gazların çıkardığı radyasyonun spektrumda bıraktığı izler, belli dalga boylarında karanlık çizgiler halindedir. Bu çizgilerin analizinden, Güneş ve diğer yıldızların atmosferindeki gazların özelliklerini büyük bir hassasiyetle tanımlamak mümkün olmaktadır.

Daha sonra, görünen ışığın bir tarafında morötesi, öbür tarafında kızılötesi radyasyonların bulunduğu keşfedildi. 1877'de Ay'ın yüzeyinden gelen kızılötesi radyasyondan onun sıcaklığı ölçüldü. Önceleri görünen ışıkta gözle yapılan analizler spektrumun diğer bölgelerindeki ışınlarda da yapıldı ve bu analizlere özel filimler ve elektronik cihazlar tatbik edildi. Kızılötesi ve morötesi bölgelerine daha sonra radyo dalgaları, x-ışınları ve gamma ışınları dahil edildi. Dünya atmosferinin tozlu ve hareketli olmasının meydana getirdiği güçlükler, çok gelişmiş optik teleskopları ve radyo teleskopları ortaya çıkardı.

Bugünün modern optik teleskopları, atmosferin inceldiği yüksekliklerde, dağların tepelerindedir. Şehir ışıklarından uzak böyle yerlerde daha net gözlem ve fotoğraf için havanın temiz olması gerekir. Modern optik teleskoplar yansıtan geniş aynalara sahip olup daha fazla yıldız ışığı toplayabilmektedir. Rusya'da bulunan ve 1976'da kurulan bu tür bir teleskop 6 metre çapında aynaya sahiptir. Artık gözle gözlemler yapılmayıp, cisimlerin uzun süreli fotoğrafları çekilmektedir. Bilgisayarların yardımıyla parlaklık ve sıcaklık kontrolleri yapılmaktadır. Dünya'nın dönmesiyle yıldızların yerleri

değiştiğinden teleskoplar, Dünya dönüşüne göre, motorlarla döndürülmektedir.

Bazı teleskoplarda tek bir ayna yerine birden fazla aynalı sistemler kullanılmaktadır. Arizona dağındaki çok aynalı bir teleskop, sonunda tek bir görüntü çıkaran, her biri 1.8 metre çapında, altı aynaya sahiptir. Bu altı adet ayna 4.5 metrelik tek bir ayna görevini yapmaktadır. Bu tür teleskoplarla 10^9 ışık yılı uzaklıktaki galaksilerin kayıtları yapılabilmektedir. 1992'de Hawaii'de kurulan 10 metrelik teleskop, her biri 1.8 metre çapında 36 adet aynaya sahip olup, aynalar bilgisayarlarla kontrol edilmektedir. Şu anda Şili'nin kuzeyinde kurulmakta olan VLT-Very Large Telescope, 4 tane 8 metrelik aynası ile Dünya'nın en büyük teleskopu olacaktır. VLT, 2000'lerin başında çalışmaya başlayacaktır.

Galaksiler, yıldızlar ve evrendeki gaz ve toz kümeleri gözle görülemeyen diğer tür radyasyonlar da çıkarır. Bunlar, x-ışınları, morötesi, kızılötesi ışınlar, mikrodalga ve radyo dalgalarıdır. Dünya atmosferi bunların çoğunu üst tabakalarında durdurur, fakat radyo dalgaları yeryüzüne kadar inebilir. 1930 yılında Amerikalı Karl G. Jansky galaksinin derinliklerinden gelen radyo dalgalarını yakalamayı başardı. Bu olay 'radyo astronominin' başlangıcı oldu.

1947'de İngiliz Alfred Lovell 76 metre çapındaki ilk 'parabolik çanak' teleskopu imal etti. Büyük çanak şeklinde olan bu teleskoplar uzaydan gelen radyo dalgalarını topluyor ve bilgisayarlarla alınan sinyallerden dalga kaynağının analizi yapılıyordu. Bunlar optik teleskoplarda görülemeyen molekülleri bile tespit edebiliyordu. X-ışını teleskopları çok sıcak gaz bulutlarının çıkardığı x-ışınlarını, kızılötesi teleskoplar da yıldız teşkil etmek için yoğunlaşan sıcak bulutların sıcaklıklarını yakaladılar.

Amerika'da bulunan VLA-Very Large Array sisteminde, her biri 25 metre çapında 27 tane radyo teleskop Y şeklinde 50 kilometrelik bir alana sıralanmıştır. Birbirine uzak mesafelerde yerleştirilen farklı teleskoplardan alınan bilgiler bir atomik saat kanalı ile hassas zamanlama ile bir teybe kaydedilmekte ve kaynağın komple bir analizi elde edilmektedir. Benzer bir sistemde farklı kıtalara yerleştirilecek çanak teleskoplarla Dünya çapında tek bir teleskopun yapılması mümkün olacaktır. Bu tür teleskoplar en gelişmiş optik teleskopun 1000 katı sonuç verebilecektir.

Dünya etrafındaki atmosfer evrenden gelen ışınları emer, yıldız ve galaksilerin ışığını çarpıtır ve yıldızları göz kırpıyormuş gibi gösterir. Atmosferin dışına bir teleskop yerleştirmek bilim adamlarının bir rüyası idi. Fikri 1946 yılında ortaya atılan, proje çalışmaları 1960'larda başlayan Hubble Uzay Teleskopu 1990 yılında uzaya fırlatıldı ve 610 kilometre yukarıdaki yörüngesine oturtuldu. Atmosferin yoğunluğu ve içindeki tozlardan uzakta olan bu teleskop, Güneş enerjisi ile tahrik edilmektedir. 2.4 metre çapında bir aynaya sahip teleskop, 1.5 milyar dolarla bütün zamanların en pahalı bilimsel cihazı olmuştur.

Aynası 1993'de tamir edilen Hubble teleskopu şu ana kadar, evrendeki süper kütleli birkaç karadeliği, Orion nebulasındaki yeni oluşan yıldızları, Veil nebulası içindeki Cygnus Loop süpernovasını, 200 milyon ışık yılı uzaklıktaki çarpışan galaksileri, bir beyaz cücenin patlaması ile oluşan ve Güneş sistemimizin çapının 400 katı büyüklüğündeki bir gaz kabuğunu ve 8 milyar ışık yılı uzaklıktaki bir kuasardan gelen ışığın, 400 milyon ışık yılı uzaklıktaki bir galaksinin etrafında kırılmasını dört nokta halinde göstermiştir. Bu son durum Einstein'ın Genel Relativite Teorisinin son ispatlarından biri olmuştur. Bilimin en son harikası olan 11 ton ağırlığındaki Hubble

teleskopu, insanoğlunun en büyük meraklarından olan, evrenin büyüklüğü ve onun yaşını bulmaya da yardımcı olacaktır.

1930'larda başlayan radyo astronomi 2'ci Dünya savaşından sonra çok hızlı gelişti ve evrene yeni bir pencere açtı. Karl Jansky'nin galaksinin merkezinden gelen tuhaf bir paraziti yakalamasıyla başlayan 'görülmeyen evren astronomisi' kozmolojideki gelişmeleri korkunç bir hızla ilerletti. Böylece, kuasarlar ve mikrodalga arkaalan radyasyonunun keşfi başarılabildi.

Radyo astronomiden sonra, spektrumun diğer bölgelerine el atıldı. Önce kızılötesi ışınlar incelendi. Kızılötesi radyasyon bizim vücudumuza sıcak olarak gelse de kozmik boyutlarda soğuk olarak kabul edilir. Bunlar atmosferde soğuruldukları için sadece yüksek dağların tepelerinden alınabilir. Daha sonra x-ışınları, morötesi ışınları ve gamma ışınlarını elde eden teknoloji geliştirildi. Morötesi, milyonlarca derecelik gök cisimlerinden çıkmakta, sonra x-ışınları ve gamma ışınları olarak devam etmektedir.

X-ışını astronomisi, 1948'de Güneş'in çıkardığı az miktardaki x-ışınlarının keşfedilmesiyle başladı. 1962'de x-ışını yayan Scor- pius-X1 yıldızı keşfedildi. O zamana kadar yıldızların x-ışını çıkardığına pek inanılmazdı. Şu anda 60.000'den fazla x-ışını kaynağı keşfedilmiş durumdadır. Gamma ışınları, süpernova patlamaları, madde-antimadde imhası, nötron yıldızları, karadelikler, kuasar ve aktif galaksilerin çekirdekleri gibi kaynaklardan ortaya çıkar. 1967'de fırlatılan VELA uydusu ilk gamma ışın kaynağını keşfetti. Evrende bu tür ışınları çıkaran gök cisimlerini belirleyen yapay uydular imal edildi ve atmosfer dışındaki yörüngelerine oturtuldu.

Halen Dünya atmosferi dışındaki yörüngelerinde dönen, HEAO x-ışını, IUE morötesi ışını, IRAS kızılötesi ışını ve

COBE mikrodalga uyduları evreni tarama görevlerini yapmaktadır. 1990 yılından sonra fırlatılan bu uydular yardımıyla, gözlenebilir evrenin haritası çıkarıldı. Milyonlarca gök cismi, kuasarlar, pulsarlar, nötron yıldızları, süpernova ve novalar, karadelikler, yeni şekillenen ve ölmekte olan yıldızlar, milyarlarca ışık yılı uzaklıktaki galaksiler artık tanınır duruma geldi.

1755'de Alman Immanuel Kant, çok uzaklarda silik olarak görünen ışık gruplarının galaksiler olabileceğini ileri sürdü. Bu fikir uzun süre kabul görmedi. Ta ki, 1924 yılında Edwin Hubble'ın 250 cm'lik teleskopla yaptığı gözlemlere kadar. Tarihin 'en büyük' gözlemcisi olan Hubble 2.5 milyon ışık yılı uzaklıktaki Andromeda'nın yanında yüzlerce başka galaksiyi keşfetti ve 500 milyon ışık yılı yarıçapındaki evrenin haritasını çıkardı. Galaksilerin bize olan uzaklıklarını ve parlaklıklarını bulan Hubble'ın tespitleri üzerine Samanyolu'nun evrendeki tek galaksi olmadığı ve galaksilerin aralarında çok büyük mesafelerin bulunduğu anlaşıldı.

Hubble'ın çıkardığı başka bir sonuç evrenin üniformluğuydu. Uzaktan bakılınca Dünya yüzeyinin tam bir küre olarak görülmesi gibi, evren de geniş açıdan son derece düzgün idi ve içindeki galaksiler üniform şekilde dağılmışlardı. Yani evrene, içindeki hangi galaksiden bakılırsa bakılsın evren aynı şekilde görülüyordu. Her noktadan her doğrultuda görülen bu isotropikliğe 'kozmolojik prensip' adı verilir.

1929'da galaksilerin ışığının spektrum çizgilerinin kırmızıya doğru kaymasından Hubble, onların yerlerinde sabit durmadığını ve bizden uzaklaşmakta olduklarını da keşfetti. Bizden daha uzaklıklardaki galaksilerde kırmızıya kayma daha fazla oluyordu. Böylece Hubble 20'ci yüzyılın 'en büyük' keşiflerinden birini yapmış oldu.

Galaksiler bizden büyük hızlarda uzaklaşıyorlar, uzaklıkları arttıkça galaksilerin uzaklaşma hızları daha da artıyordu. Bir balonu şişirdikçe balonun üzerindeki noktaların birbirlerinden uzaklaşmaları gibi. Bu, Büyük Patlama teorisinin 'ilk ispatı' olmuştu. Evren statik değildi ve genişliyordu.

Hubble yasalarına göre, galaksiler bize ve birbirine olan uzaklıkları ile orantılı olarak bizden ve birbirinden uzaklaşmaktadırlar. Bir galaksinin uzaklığı iki katına çıkarsa onun uzaklaşma hızı da iki misli artar. Üniform şekilde genişlemekte olan evrenin her noktası bize olan uzaklığı ile orantılı olarak uzaklaşmaktadır. Bu durumda, evrenin neresinde olursak olalım, orası bize, merkezinde duruyormuşuz gibi gözükür.

Hubble, bir galaksinin bize olan uzaklığı ile onun uzaklaşma hızı arasındaki oranı buldu. Buna, 'Hubble sabiti' adı verilir. Hubble, 1929'da bu oranı 530 olarak bulmuştu. Bu değer, o zamanki ölçme cihazlarının yetersizliği yüzünden olması gerekenin çok üzerinde çıkmıştı. Hubble sabitinin bugün kabul edilen değeri her 1 milyon ışık yılı için 15-30 km/saniyedir. Yani, bize 1 milyon ışık yılı uzaklıktaki bir galaksi bizden 15-30 kilometre/saniyelik bir hızla uzaklaşmaktadır.

Evrenin 'neye' benzediği ile ilgili modellerin ilki Ptolemy tarafından ileri sürülmüştü. Ptolemy'nin modelinde Dünya evrenin merkeziydi, Güneş, gezegenler ve yıldızlar onun etrafında dönüyorlardı. Ptolemy'den 1300 yıl sonra 1543'de, Copernicus daha farklı bir modeli ileri sürdü. Bu modelde Güneş merkezde idi ve her şey onun etrafında dönüyordu. Bu kısmen doğru idi.

Copernicus'dan 120 yıl sonra Newton evrensel gravitasyon yasasını buldu. O zamanki bilgiler uzaydaki bütün yıldızların yerlerinde sabit durduğunu gösteriyordu. Newton, statik evrende yıldızların gravitasyonla birbirine çarpıp evreni neden

çökertmediğini, sonsuz boyutlu evrendeki bütün maddenin üniform bir şekilde dağılmış olmasına bağladı.

1915 yılında Einstein, Genel Relativite Kuramını buldu. Bu, evrene yeni bir anlayış getirdi. Einstein'ın denklemleri 100 milyon ışık yılı genişliğinde, dört boyutlu kapalı küre şeklinde, gravitasyonla eğilip büzülmüş bir evreni çıkarmıştı. Hubble'dan 15 yıl önce Einstein, evrendeki cisimlerin hareketli olmaları gerektiğini, ya birbirlerinden uzaklaştıklarını veya birbirlerine yaklaştıklarını göstermişti. Einstein buna rağmen evrenin statik ve değişmez olduğuna inanıyordu.

Hesaplarını, cisimlerin birbirinden uzaklaştıklarını göstermemesi için 'revize' ederek, denklemlerine bir kozmolojik sabiti dahil etti. Her ne kadar bundan pek hoşlanmadıysa da, denklemleri bu sefer hayali bir anti-gravitasyonla maddenin birbirinden uzaklaşmakta olduğunu gösterdi. Einstein bu durumu sevmedi, fakat çıkardığı ilk sonuç doğruydu ve 15 yıl sonra Hubble tarafından gözlemsel olarak ispat edilecekti. Bu matematik hilesini Einstein, hayatının en büyük 'potu' olarak adlandırdı.

1917'de Hollandalı Willem de Sitter, Einstein'ın denklemlerinden farklı bir sonuç elde etti. Ona göre, evren boştu ve içinde madde bulunmadığı süre statik kalabilirdi. İçine madde girince bunların birbirinden uzaklaşması icap ederdi. 1922 yılında Rus matematikçi Alexander Friedmann, kozmolojik sabitini atarak Einstein'ın relativite denklemlerini yeniden düzenledi. bulduğu değişik sonuçların hepsi genişleyen bir evreni gösteriyordu.

Einstein'ın bulduğu, doğru fakat kabul etmediği sonuç, Friedmann tarafından yedi yıl sonra yayınlandı. 37 yaşında tifo hastalığına yakalanan Friedmann zaferini göremeden öldü. Başarısı Einstein tarafından takdir edildi.

Einstein ve Friedmann'ın matematiksel denklemleri, Hubble'ın gözlemleri evrenin genişlemekte olduğunu göstermişti. Öyleyse, evren bir zamanlar 'neydi' ve 'ne' durumdan bu hale gelmişti?

1948'de Gamow onun, bir zamanlar bütün evren maddesinin içine sıkıştığı son derece yoğun ve sıcak bir 'nokta' şeklinde bir şey olması ve bir patlamayla bu hale gelmiş olması gerektiğini ileri sürdü. Bu yoğun ateş topunun içinde protonlar ve nötronlar birleşerek atom çekirdeğini oluşturmalıydı. Gamow, milyarlarca yıl önce olmuş Büyük Patlama Teorisindeki hafif elementlerin oluşum denklemlerini çıkardı. Denklemleri, bir 'patlama' ile başlayıp genişlemekte olan evren modeline uyuyordu. Gamow'un iddiası geniş ilgi gördü fakat bilim dünyasında fazla destek bulmadı.

Bu sıralarda İngiliz Fred Hoyle ve iki yardımcısı Hermann Bondi ve Thomas Gold, Büyük Patlama fikrine itiraz ederek 'durağan evren' modelini ileri sürdüler. Teorilerinde zaman kavramı yoktu. Onlara göre, evrenin bir başlangıcı asla olmamıştı ve bir sonu da olmayacaktı. Evren genişliyordu ve içindeki madde hidrojen gazı halinde genişlemeyi karşılayacak şekilde aynı oranda yaratılıyordu. Yeniden yaratılan madde, galaksi ve yıldızların içlerinde üretiliyor ve böylece evrenin yoğunluğu sabit kalabiliyordu. Madde ve enerjinin korunumu yasaları bu yolla dengeleniyordu. Evrenin genişlediğini kabul eden durağan model, bir patlamayla başlamış olduğunu ret ediyordu.

Gamow'un Büyük Patlama modelinde helyum atomunun oluşumu ve hidrojene olan oranı izah edilmişti. Bugün bile aynı olan bu oran, Hoyle'nin modelinde çelişkili çıkıyordu. Bugünkü helyum miktarı durağan evren modeliyle izah edilemiyordu. Ayrıca, Gamow, Büyük Patlamayla ortaya çıkan ısının bir 'kırıntısının' hala evrende bir yerlerde dolaşıyor olması

gerektiğini de öngörmüştü. Ve, bu sıcaklık mutlak sıfırın birkaç derece üzerinde bulunmalıydı. Gamow'dan 17 yıl sonra bütün bu teorilerden hiç haberleri bulunmayan Penzias ve Wilson tarafından bu ısı kırıntısı keşfedilince durağan evren modeli tarihe karışmış oldu.

Dünya üzerindeki bir cisim yeterli bir kuvvetle fırlatılırsa yeryüzünün çekim gücünden kurtularak uzaya dalar ve Dünya'dan uzaklaşır. Eğer onu iten kuvvet yeterli değilse cisim gravitasyondan kurtulamaz ve yeryüzüne geri düşer. Cismi iten kuvvet kritik bir değerde ise o zaman cisim ne uzaya fırlar nede geri düşer, Dünya'nın etrafındaki belli bir yörüngede dolanır durur. Uzaya fırlatılan roket ve yapay uyduların temeli budur.

1922 yılında Friedmann'ın çıkardığı sonuçlar iki tür evren modelini ortaya koymuştu. Eğer evrenin ortalama yoğunluğu kritik bir değerin altında ise, o zaman, evrenin genişlemesi sonsuza kadar sürecek ve galaksiler birbirinden devamlı uzaklaşacaklardı. Evrenin ortalama yoğunluğu eğer kritik bir değerin üzerinde ise evrenin genişlemesi bir gün duracak ve sonra galaksiler birbirine yaklaşmaya başlayacaktı.

Sonsuza kadar genişleyen evrene 'açık evren', bir gün genişlemesi sona erecek ve tekrar büzülecek evrene ise 'kapalı evren' isimleri verildi. Üçüncü bir ihtimal ise ortalama yoğunluğun kritik yoğunluğa tam olarak eşit olmasıdır. Bu takdirde evrenin genişlemesi asla durmayacak ve belli bir limite doğru gittikçe yaklaşacak ve evren düz olacaktır.

Büyük Patlama ile birlikte müthiş bir itme kuvveti oluştu ve bu kuvvet maddeyi etrafa fırlattı. Eğer bu kuvvet kritik bir değerin üzerinde olmuşsa evren açık evrendir ve sonsuza kadar genişlemesini devam ettirecektir. Aksi takdirde evren bir kapalı evren olup, sonunda gravitasyon kuvvetinin etkisiyle içine çökecektir. Yani Büyük Patlamaya 'geri' dönülecektir.

Büyük patlamadan bugüne kadar geçen süre içinde henüz herhangi bir durma veya kapanma olmadı. Genişleme devam etmektedir. Fakat, hesaplar açık evren ile kapalı evren arasındaki farkı çok 'kritik' bir değerde göstermektedir. Büyük Patlamadan hemen sonraki genişleme hızı milyarda bir oranında daha az olsaydı, evren bugünkü büyüklüğüne erişemeden çoktan çökmüş olacaktı.

Evren, açık ve kapalı modelleri birbirinden ayıran kritik yoğunluk ve hıza çok yakın bir hızla genişlemeye başladı. 15 milyar sonra, bugün bile kritik hıza çok yakın bir hızla genişlemektedir. Bilinen, evrenin her bir milyar yıl içinde %5-10 oranında genişlediğidir. Galaksi ve karadeliklerin kütlelerinin toplamı genişlemeyi durdurmaya yetecek kütlenin sadece %10'udur. Bu durum, evrenin daha çok uzun bir süre genişlemeye devam edeceğini ifade etmektedir.

Evrenin, açık veya kapalı modellerden hangisine uyduğunu anlamak için onun madde yoğunluğunun bilinmesi gerekir. Evrenin 'ortalama yoğunluğu' ve 'kritik yoğunluk' değerleri tam olarak bilinmemektedir. Fakat yapılan takribi hesaplar evrendeki madde yoğunluğunun kritik yoğunluğun altında olduğunu göstermektedir. Bu durumda, gravitasyon evrenin genişleme hızını aşamayacak ve onun genişlemesini durduramayacaktır. Yani, evrenimiz şu anda bir 'açık evren'dir.

Her ne kadar galaksilerin uzaklaşma hızlarını, onları milyarlarca yıl önce terk etmiş ve bize henüz ulaşmış ışıklarından anlıyorsak da, evrendeki madde yoğunluğunun doğruluğu konusunda o kadar emin olamamaktayız. Zira, gözlenebilir evrenin sınırlarının çok ötelerindeki bölgelerdeki maddenin yoğunluğunu ölçmenin bir yolu bulunmamaktadır. Buralarda, bizim hesaplarımızı değiştirebilecek ve henüz bilinmeyen madde mevcut olabilir. Evrendeki görünmeyen maddenin, bütün miktarın %90'nı olduğuna inanılmasına

rağmen, görünür evrendeki madde yoğunluğu, kritik değerin %1 kadar altındadır ve evren, bugünkü bilgilerimize göre, genişlemeye daha uzun bir süre devam edecektir.

Genel relativite evreni eğri, açık veya kapalı olarak tarif eder ve dinamik bir evreni öngörür. Kapalı evren küresel olup, sınırsız olarak kendi üzerine kapanmıştır. Yani uzay, küre gibi pozitif bir eğridir. Sonlu olan bu evrende gravitasyon sonunda genişlemeyi durdurup içe çökmeyi başlatacaktır. Açık evren, yine eğri fakat hiperboliktir. Yani uzay, at eğeri gibi negatif bir eğridir. Bu evrende gravitasyon durdurmayı başaramayacak ve evren sonsuza kadar genişlemesini devam ettirecektir. Bu evren sonsuzdur.

Euclid, Lobotchewski ve Riemann geometrilerinden bugünkü evren modeline uyan, sonuncusudur. Yani simetrik olmayan bir küre şeklindedir. Bu evrenin altına veya üstüne çıkılamaz. Kürenin üzerinde iki boyutlu bir düzlem hissedilir ve bu düzlemden galaksilerin uzaklaştığı, uzaktakilerin daha hızlı uzaklaştıkları görülür. Yüzeydeki bir nokta evrenin merkezidir. Bu noktadan nereye gidilirse gidilsin yine başlangıç noktasına dönülür. Evren sınırlı fakat sonsuzdur.

Kuantum mekaniğinin yaratılması ile mükemmel bir şekilde açıklanabilen proton ve nötron gibi atom altı parçacıkların oluşumu ve bunların aralarında bulunan, başlangıçtaki ve şimdiki oranların uyumluluğu, galaksilerin uzaklaşmaya devam etmeleri ve arkaalan radyasyonunun keşfedilmesi gibi son derece sağlam delillerle ispatlanmış olan Büyük Patlama modeli bir takım sualleri de beraberinde getirdi. 2.74 K'lik arkaalan radyasyonu nasıl bu kadar üniform olabilir, galaksiler nasıl şekillendi, evrendeki madde miktarı nedir, evren sonsuza kadar genişlemeye devam edecek mi yoksa bir gün kendi içine çöküş başlayacak mı, evrenin tarihinin her anında olay ufku içinde ışık ne miktarda ilerleyebildi ?

Bütün bu sorulara çeşitli cevaplar verildi. Bunların en tatmin edicisi Amerikalı Alan Guth'un 1980'de getirdiği 'enflasyon modeli' oldu. 10^{-43}'cü saniyede evren bir atom çekirdeğinin 10^{20} de biri kadardı. Bu noktada günümüzün teorileri yetersiz kalmaktadır, zira gravitasyonla diğer üç kuvvetin nasıl birleştirilebileceği henüz bilinmemektedir.

10^{-35}'ci saniyede 'enflasyon' başlar ve evren müthiş bir hızla 10^{50} kat genişler. Bu müthiş hızdaki genişleme problemleri de beraberinde getirmektedir. Guth çözümünde, evrenin ne çok yavaş nede çok hızlı genişlediğini öngörür. Çok yavaş genişleme olmuş olsaydı, gravitasyon genişlemeyi önleyecek ve evren içine çökerek bir hiçliğe gidecekti. Çok hızlı genişlemiş olsaydı, galaksi ve yıldızların oluşumuna izin vermeyecek kadar zayıf olacaktı.

Genel relativite evrenin eğilmiş olduğunu öngörür. Evrenin eğilmesi de içindeki maddenin kütle yoğunluğuna bağlıdır. Yoğunluk çok fazla olunca evren çok eğilir ve kendi içine çöker. Yoğunluk çok az olunca da evren kontrol dışı genişler. Matema- tiksel hesaplar ilk anlarda evrenin yoğunluğunun kritik bir değer- de bulunduğunu göstermektedir. 10^{-33}'cü saniyedeki yoğunlukla, 10^{-49}'cu saniyedeki yoğunluğun bir farkı yoktu. Enflasyon Teorisi bu durumu ifade eder.

Evrende birbirlerinden uzaklaşan galaksiler görülmektedir. Çok uzaklardaki galaksiler ışık hızında uzaklaştıklarından onların ilerisindeki 'olay ufku' görülememektedir. Olay ufku bizim için görülebilen evrenin kenarı olup, onun ilerisindeki evreni, ışığı henüz yolda bulunduğundan, göremeyiz. geçmiş zaman içinde olay ufku büzülmüştü, çünkü ışığın yol alması için zaman kısaydı. Arkaalan radyasyonu serbest kaldığında, 90 olay ufku mesafesine ayrıldı ve her yerde aynı sıcaklıkta kaldı.

Olay ufku her galaksi için farklıdır. Bizim olay ufkumuza yakın olan fakat bize göre karşıt yönlerde bulunan iki

galaksinin her birinden bizi görebilmek mümkün, fakat birbirlerini görmeleri mümkün olamaz. Birbirinden sinyal alamayan böyle galaksilerin yoğunlukları ve içlerindeki madde dağılımı çok benzer durumdadır. Kozmik arkaalan radyasyonu da ayrıca evrenin her yerinde aynı sıcaklıktadır. Evrenin her parçası tamamının sadece ufak bir kısmını görüyorken, evreni bu derece homojen yapan şey nedir ?

Büyük Patlama noktasına yaklaştıkça, şimdiki geniş alana yayılmış madde birbirine çok yakın konumdaydı. O sıralarda zaman daha kısaydı ve radyasyon henüz madde arasında yol alamıyordu. Çünkü yeterli zaman yoktu. Enflasyon Teorisine göre, enflasyondan önce, evren olay ufkundan çok daha küçüktü. Evrenin sıcaklığı hacminin her noktasına eşit olarak dağılmıştı. Bu eşitlik bugün de mevcuttur. Şimdi geniş boyutlarda görülen evren çok düzgün ve üniform şekildedir.

Bugünkü hesaplar evrende her bir atoma karşılık 100 milyon ile 1 milyar arasında fotonun bulunduğunu göstermektedir. Bunun sebebi yine enflasyon teorisi ile açıklanmaktadır. Enflasyon, güçlü kuvvetin elektrozayıf kuvvetten ayrılması sırasında başladı. Bu olay olurken evrenin sıcaklığı 10^{-43}'cü saniyedeki sıcaklığının 10.000'de birine, yani 10^{28} K'ya düştü. Bir 'süpersoğuma' olayı meydana geldi. Süpersoğuma, bir sistemin normal durumunu değiştirecek sıcaklığın altına inilmesi ile oluşur.

10^{-35}'ci saniyede, güçlü ve elektrozayıf kuvvetlerin ayrılmasıyla evren durum değişikliğine uğradı. Fakat 10^{-32}'ci saniyeye gelinceye kadar soğuma devam etti. Bu esnada, süpersoğuma şartları içine girilmesiyle, doğru vakumdan çok farklı olan bir ters vakum meydana geldi. Genelde bir sistemdeki enerji yoğunluğu, sistemin hacmi artarken azalır ve içindeki parçacıklar daha düşük yoğunluktaki sisteme yerleşir.

Ters vakum durumunda ise enerji yoğunluğu, genişleme olurken, sabit kalır.

Relativite Teorisine göre, ters vakum halinde sabit enerji yoğunluğunda büyük bir itme kuvveti oluşmalıdır. Böylece bir enflasyon ortaya çıktı ve bu enflasyon süresi içinde evrenin boyutu her 10^{-35} saniyede iki katına çıktı. Yani evren ışık hızından daha büyük bir hızla genişledi. Bu süre içinde yüzlerce iki katına çıkma olayı yaşandı ve evrenin hacmi 10^{50} kat genişleyerek sıcaklığı 10^{28} K'dan 10^{23} K'ya düştü.

Güçlü kuvvet elektrozayıftan ayrılınca durum değişikliği meydana geldi ve enflasyon sona erdi. Ters vakumdaki enerji yoğunluğu serbest kalınca, enerji patlaması büyük miktarda atomik parçacığı yarattı. Bunlar evrenin sıcaklığını, enflasyondan önceki sıcaklığa tekrar yükselterek, radyasyon kaosu halindeki egzotik parçacıklar bugün bilinen maddeyi oluşturmaya başladı.

Büyük Patlamanın ilk anlarında üniform olmayan maddenin sonradan üniformlaşmasını açıklayan Enflasyon Teorisi, mikrodalga arkaalan radyasyonunun uzayın her tarafından aynı sıcaklıkta alınmasını izah etmektedir. COBE uydusunun verileri bu teoriyi doğrulamaktadır. COBE'nin çektiği mikrodalga spektrum çizelgesi ayrıca, siyah cisim eğrisine tam olarak uymaktadır.

1823 yılında Alman Heinrich Olbers, geceleri gökyüzünün neden 'karanlık' görüldüğü sorusunu ortaya atmıştı. Gökyüzünün her yönünde çok sayıda yıldız bulunduğuna ve her yıldızın yaklaşık aynı parlaklığı çıkardığına göre gökyüzü geceleri de neden aydınlık olmuyordu? O zamanki bilgilere ve Newton yasalarına göre statik olan bir evrende böyle olması gerekirdi.

Yıldızların, birbirini takip eden eşit aralıklarda dizilmiş ince küresel kabuklar üzerinde düzgün olarak dağılmış oldukları

düşünüldüğünde, her bir kabuk üzerinde yer alan yıldızların sayısı bir öncekinin dört katı olacak fakat, dört misli artan hacim içinde çıkacak parlaklık bir önceki kabuktaki yıldızlardan gelen miktarla aynı olacaktı. Sonsuza kadar arka arkaya dizilecek kabuklar üzerindeki yıldızlardan gelecek toplam parlaklığın Dünya üzerinden görülmesi ve gökyüzünün her zaman çok parlak olması gerekirdi. Newton'un üniform, sonsuz ve statik evren modeli geceleri de gökyüzünün aydınlık olmasını gerektirirdi.

Hubble'ın keşiflerinden sonra evrenin statik olmadığı ve genişlemekte olduğu anlaşıldı. Bu genişlemenin sonucu olarak uzaklaşan yıldızlardan çıkan ışık enerji kaybetmekte ve yıldızlar uzaklaştıkça daha silik görülmektedir. Bir zaman dilimi içinde Dünya'ya uzaktaki yıldızlardan daha az miktarda foton ulaşmakta ve uzaklaşan cisimlerin kızıla kaymış radyasyonları daha az enerjik olmaktadır. Daha uzaklardaki cisimler ise daha az ışık göndermektedir.

Ayrıca, evren sonsuz zamandan beri mevcut değildir ve bir Büyük Patlama ile başlamıştır. Böyle bir patlama ile başlayan daha uzaktaki evrenin ışığının çoğu henüz Dünya'ya ulaşmamış durumdadır. Dünya'dan gözlenen evren, bütün evrenin sadece küçük bir parçası olup, miktarın içindeki yıldızlar uzayı parlak göstermeye yetmemektedir. 'Olbers Paradoksu' adı verilen bu problem modern kozmoloji ile çözülmüştür. Geceleri gök yüzünün karanlık olmasının tek nedeni 'Güneş'in batmış olması' değildir.

Evrenin nasıl meydana geldiğini anlayan bilim daha sonra onun büyüklüğünü, yaşını ve içinde yer alan madde türlerini merak etti. Evrende 100 milyar adet galaksinin bulunduğu tahmin edilmektedir. Bunlardan biri, içinde yer aldığımız Samanyolu galaksisi olup, onun içinde de 200 milyar yıldız barınmaktadır. Bu yıldızlardan biri olan Güneş'in etrafında

dönen dokuz gezegenden biri olan 'Dünya'nın' üzerinde bulunmaktayız.

1839'da başlayan uzaklıkları ölçme teknikleri önceleri, uzaktaki bir gök cisminden gelen ışık demetlerinin Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesindeki en uzak noktaları arasında yaptığı açılardan, sonra bazı değişken yıldızların parlaklık ölçeğinden, laser ışınları ve radyo sinyallerinden faydalanılarak yapıldı. Uzaklaşan galaksilerin gönderdiği ışığın spektrumda çıkardığı kırmızıya kaymadan onların uzaklaşma hızları ve bize olan uzaklıkları hesap edildi. Her ne kadar Hubble sabiti, her bir milyon ışık yılı içinde 15 ile 30 km/saniye arasında değişiyorsa da ve bu sınırlar arasındaki tam değer henüz bilinmiyorsa da, 15-30 km/saniyelik limitlerin içinde evrenin ölçüsünü hesaplamak mümkün olmaktadır.

Evrenin büyüklüğü yanında normal uzaklık ölçeklerinin fazla bir anlamı yoktur. Evrendeki uzaklıklar için ışığın bir yıl içinde almış olduğu yol kullanılır ve buna 'ışık yılı' adı verilir. Bir ışık yılı yaklaşık 10^{16} metre veya 10 trilyon kilometredir. Işık, Ay'dan Dünya'ya 1.3 saniyede, Güneş'ten ise 8.3 dakikada ulaşır. Güneş'e baktığımızda onun 8.3 dakika önceki halini görmüş oluruz. En yakınımızdaki yıldız olan Proxima Centauri 4.3, en yakınımızdaki galaksi olan Andromeda ise 2.3 milyon ışık yılı uzaklıktadır. Andromeda'ya baktığımızda onun 2.3 milyon yıl önce yola çıkmış ışığını görmüş oluruz. Çünkü Andromeda'dan 2.3 milyon yıl önce çıkan ışık bize ona baktığımız anda ulaşmıştır. Böylece zaman içinde geçmişe bakmak mümkün olabilmektedir.

Dünya'nın en gelişmiş teleskopları ile evrenin gözlenebilen en uzak noktası 10^{27} metre olarak ölçülmüştür. Yani, insanoğlunun evrende görebildiği en uzak nokta milyar defa milyar defa milyar kilometredir. Bu da, 10^{11} ışık yılı uzaklığını ifade eder. Hubble sabitinin şu anda bilinen değerde olduğu ve

evren yoğunluğunun, uzaklardaki bilinmeyen maddeyi de hesaba katarak, kritik yoğunluğun iki katı olması gerektiği düşüncesinden, evrenin çevresinin 120 milyar ışık yılı olduğu tahmin edilmektedir.

Evrende 100 milyar galaksi bulunduğu hesap edilmektedir. Bu galaksilerden her biri bizim Güneş'imizden 10^{10} kat daha kütleli olması gerekir. Bu durumda evrendeki toplam madde miktarı Güneş'in kütlesinden 10^{21} kat daha fazla olmalıdır. Güneş'in kütlesi $2x10^{33}$ gram olduğuna göre bütün evrenin ağırlığı $2x10^{54}$ gram olmalıdır. Bu miktar kütlenin içinde 10^{80} tane atom ve 10^{88} tane de foton yer almaktadır. Ayrıca, nötrino ve graviton gibi kütlesi sıfıra eşit ve saptanamayan parçacıklar da mevcuttur.

Evrende trilyonlarca yıldız bulunmaktadır. Bunların her biri milyarlarca yıldan beri evrene enerji akıtmakta ve sıcaklık vermektedir. Yine de, evrenimiz son derece soğuktur. Çünkü, Büyük Patlamadan beri evren korkunç bir hızla gelişmekte ve evrenin hacmi durmadan büyümektedir. Evrenin hacmi, içindeki yıldızlardan akan enerjiden daha büyük bir hızla gelişmekte ve yıldızların sıcaklığı onu ısıtamamaktadır. Dolayısıyla evrenin sıcaklığı gittikçe azalmaktadır. Büyük Patlama ile ortaya çıkan müthiş sıcaklık evrenin genişlemesiyle devamlı azalmış ve bugünkü değeri olan -270 dereceye inmiştir.

Evrenin içinde bulunan cisimler, insan aklının alamayacağı kadar çeşitlidir. Yüzlerce milyon ışık yılı genişliğindeki dev süper galaksi gruplarından, 10^{-35} m boyundaki iplikçiğe kadar her tür madde bulunmaktadır. Hiç bir cihazla görülemeyen iplikçikler, kuarklar, lepton parçacıkları, ancak elektron mikroskoplarıyla görülebilen atomlar, moleküller, virüsler, bakteriler, Dünya üzerinde bulunan cisimler ve canlılar, uydular, gezegenler, yıldızlar, galaksiler, galaktik kümeler bunlardan sadece birkaçıdır.

Mikro ve makro kozmos'un gözlenebilir evrenlerdeki maddeleri bilim tarafından tespit edilebilmiştir. Mikro ve makro kozmos'un henüz görülemeyen uçlarında bulunan madde ise sadece tahmin edilebilmektedir. Oralardaki maddenin halen tanımlananlara göre nasıl ve ne boyutlarda olabilecekleri üzerine hiçbir bilgi henüz mevcut değildir.

Evren içinde müthiş bir hiyerarşi bulunmaktadır. En büyük cisim olan dev bir galaktik grubundan en küçük atom parçacığına kadar hepsi 'aynı' yasalara tabidir. Hepsi, doğar, yaşar ve sonunda muhakkak ölür. Hepsi zaman içinde bir şekilden başka bir şekle dönüşür. Hepsi aralarında etkileşir, birbirini doğurur ve yok eder. Korkunç bir dengeye sahip olan sistem durmadan devam eder.

Büyük Patlamayla birlikte önce hidrojen elementi yaratıldı. Arkasından helyum oluştu. Bunlar evrenin en hafif elementleriydi. Oluşum sırasındaki maddenin ¾'ü hidrojen, ¼'ü ise helyum idi. Bu oran, bugün de mevcuttur. Diğer elementler daha sonraları şekillenen yıldızların içlerindeki reaksiyonlarda meydana geldi. Yıldızlar birer 'kozmik fırın' gibi çalıştı ve ağır elementleri yarattı.

Evrendeki maddenin %99'unu meydana getiren en hafif iki parçacık olan hidrojen ve helyumun yanında evrenin %1'ini teşkil eden oksijen, karbon, neon, azot, magnezyum, silisyum, kükürt, demir, argon, alüminyum, sodyum, kalsiyum gibi 100'den fazla element mevcuttur. Bu elementler bir araya gelerek evrenin temel maddeleri olan, gazları, buzları, kaya ve metalleri oluşturur.

Gazlar her yerde bulunur ve evrenin en önemli maddesini teşkil eder. Buzlar -270'lik evren sıcaklığında oksijen, hidrojen, azot ve karbon elementlerinin birleşmesinden ortaya çıkar. Kayalar silisyum, oksijen gibi elementlerden ve metaller de demir ve benzeri elementlerin bir araya gelmesinden oluşur.

Evren, gaz ve toz bulutlarıyla dolu denilebilir. Bunların çeşitli şekillerde birleşmesinden de gök cisimleri meydana gelir.

Her parçacığın, aynı kütle ve elektrik yüküne sahip, fakat ters yüklü bir 'karşıt parçacığının' bulunduğu bilinmektedir. Sadece foton bu kuralın dışındadır. Madde ile onun karşıtı olan antimadde bir arada bulunamaz. İkisi bir araya geldiğinde derhal birbirini yok eder. Şu ana kadar evrende antimaddenin herhangi bir izine rastlanamadı. Fakat onun varlığı bilinmektedir. Çünkü Büyük Patlamanın ilk saniyelerinde antimadde mevcuttu ve miktarı, madde miktarı kadardı. Zira GUT denklemleri böyle bir dengeyi öngörmektedir.

1960'larda Rus Andrei Sakharov, Büyük Patlamanın ilk saniyelerinde simetrinin bozulmasıyla maddenin daha kararlı hale geldiğini ve onun yaşadığını, antimaddenin ise zaman içinde yok olduğunu ileri sürdü. Eğer antimadde yaşamaya devam etseydi ve miktarı madde kadar olsaydı, şimdiki evrende bir simetri olacaktı. Halbuki evrende simetri yoktur.

1951 yılında Hollandalı Jan Oort ve Fritz Zwicky galaksi gruplarının içindeki hızları ölçtüklerinde oradaki kütle miktarının, ışıklarının gösterdiği kütlelerin çok üzerinde bulunduğunu hesapladılar. Bu hızlarda yol alan belli kütledeki galaksinin parçalanması gerekirdi. Bilim adamları, galaksilerin içinde parçalanmayı önleyen karanlık maddenin bulunduğuna inandılar.

1970'lerde Amerikalı Vera Rubin, 2.3 milyon ışık yılı uzaklıktaki Andromeda galaksisini incelediğinde, galaksinin eteklerindeki yıldızların dönüş hızlarının, merkeze yakın olanlarla aynı olduğunu gördü. Andromeda, bizimki gibi bir spiral galaksiydi ve dış bölgelerdeki cisimlerin dönüş hızlarının içerdekilerden daha yavaş olması gerekiyordu. Halbuki, Andromeda yıldızlarının hepsi aynı hızda dönüyordu.

Andromeda'nın biçimi tekrar tekrar kontrol edildi ve bir spiral şekilli galaksi olduğu teyit olundu. Bu durumda spiral galaksilerin kütlelerinin %90'nının karanlık madde olması gerekiyordu. Galaksilerin dışında hale şeklinde olan esrarengiz karanlık madde, spiralin iç bölgelerinin santrifüj kuvveti ile parçalanıp dağılmasını önlüyordu. 1950'lerde Oort ve Zwicky'nin hesapları 40 yıl sonra deneysel olarak ispat edilmiş oldu.

Karanlık maddenin, galaksilerin dış bölgelerindeki halenin içlerinde saklı proton ve nötronlar, gezegen boyutunda kahverengi cüceler, galaksiler arası boşluktaki gaz ve toz bulutları ve karadelikler şeklinde yer aldıkları artık bilinmektedir. Görülememesine rağmen karanlık maddenin varlığı onun gravitasyonel etkisi ile anlaşılmaktadır. Görünür evrendeki karanlık maddenin %10 oranında bulunduğu hesaplanabilmektedir. Bunlar helyum ve lityum gibi hafif elementlerden oluşmaktadır. Evrenin geri kalan kısmındaki karanlık madde hakkında bir bilgi henüz mevcut değildir.

Bu karanlık ve soğuk madde evrenle birlikte genişlemekte ve gravitasyonu galaksileri şekillendirmektedir. Soğuk karanlık maddenin yanında, kütlesi sıfıra çok yakın olan nötrino ve graviton gibi görülmeyen madde de bulunmaktadır. Büyük Patlamadan hemen sonra bunlardan bol miktarda yaratılmıştı. Çok küçük kütleli de olsa bunların bolluğu karanlık madde miktarını artırmaktadır. Sonuçta, evrendeki toplam maddenin %90'nının soğuk ve sıcak karanlık madde olduğu tahmin edilmektedir. Antimadde ise henüz bir sır olarak devam etmektedir.

1929'da Hubble'ın evrenin genişlemekte olduğunu bulmasıyla onun yaşını hesaplama işi kolaylaştı. Hubble sabitinden, genişle- mekte olan evrenle birlikte uzaklaşan galaksilerin hızlarını hesap etmek mümkün hale geldi.

Genişleme hızlandıkça Büyük Patla- madan itibaren geçen süre kısalacaktı. Evrendeki maddeler arasındaki kütlesel çekimin genişlemeyi gittikçe yavaşlatması, madde yoğunluğundaki belirsizlik Hubble sabitinin doğru değerini zorlaştırmaktadır.

Hubble, bu sabiti 530 olarak kabul etmişti. Galaksilerin uzaklıklarının hızlarına bölümünden elde edilecek evrenin yaşı, Hubble'ın hesaplarında birkaç milyar yıl çıkmıştı. 1956'da Allan Sandage, Hubble sabitini 180 olarak aldı ve evrenin yaşını 5 milyar yıl olarak buldu. Daha sonra İsviçreli Gustav Tammann değeri 50'ye indirdi ve 12 milyar yıl buldu. 1998 yılında Hubble uzay teleskopu, Hubble sabitini %10 hata ile vermiştir.

Cepheid yıldızları, beyaz cüceler ve süpernova patlamalarının ışıkları kullanılarak uzaklıkları daha hassas ölçme çalışmaları uzun süre devam etti. Sonunda, 16 milyon ışık yılı uzaklıktaki Ia tipi galaksinin Hubble uzay teleskopu ile incelenmesi ve 27 adet Cepheid yıldızının hassas uzaklık ölçümü neticesinde Hubble sabiti 45 olarak tespit edildi. Bu değer evrenin yaşını 15 milyar yıl olarak belirtmektedir.

Bilim adamları arasındaki yaş tartışması hala devam etmektedir. Hız ve uzaklık arasındaki orandan bulunabilecek sonuçta önemli olan faktör, Hubble sabitinin hassaslığıdır. Hubble sabiti her bir milyon ışık yılı için 15 km/saniye olabildiği gibi 30 km/saniye de olabilir. Sabit küçüldükçe evrenin genişlemesi daha yavaş, evrenin genişliği daha büyük, evrenin bu genişliğe ulaşması daha uzun zaman alacağından, evrenin şimdiki yaşı daha fazla çıkar. Hubble sabiti büyüdükçe, genişleme hızı daha büyük ve Big Bang'dan itibaren daha kısa zaman geçmiş ve evren daha genç olur.

Hubble sabiti 30 olarak alınınca evrenin yaşı 20 milyar yılı, 15 olarak alınınca 10 milyar yılı gösterir. Bu değerlerin

ortalaması olan 15 milyar yıl evrenin şimdiki yaşı olarak kabul görmektedir.

Hubble sabitinin yanında evrenin yaşını etkileyen diğer faktörler de bulunmaktadır. Bunlar, ivmelenme parametresi (genişleme Big Bang'dan beri ne kadar yavaşladı), yoğunluk parametresi (evrendeki madde miktarı ve onun gravitasyonla olan oranı), basınç parametresi (radyasyonun basıncı) ve kozmolojik sabiti (uzaklardaki cisimler arasında, gravitasyonun karşıtı herhangi bir itme kuvveti var mı?)'dir.

Gerçekte evrenin bir yaşının bulunması gerekirdi. Daha önceleri din ve felsefe ile izah edilen evreni 'bilim' çözmüştür. Evrenin bir başlangıcının bulunmadığını iddia eden bilim adamları 40 yıl önce artık pes etmişlerdir. Bir başlangıcı olmamış olsaydı evrenin bugünkü yaşının 'sonsuz' olması, içindeki galaksi ve yıldızların 'sonsuz süredir' devam ediyor olması gerekirdi. Halbuki, galaksi ve yıldızların bir süre sonra yakıtlarını tüketip 'yok oldukları' artık bilinmektedir.

1990 yılında fırlatılan COBE uydusu çok şeyi keşfetti ve birçok soruya cevap getirdi. Keşfedeceği bir sonraki husus Hubble sabitinin en hassas değeri olacaktır. Bu sabitin tam değeri çok önemlidir. O bize evrenin istikbalini söyleyecektir. Hubble sabiti üzerine evrenin kritik yoğunluğu da bilinmiş olacaktır. Diğer bir konu evrenin ortalama yoğunluğudur. Bu daha da zor olacaktır. Zira, görünen evren bütün evrenin küçük bir bölgesi olup, uzaklardaki karanlık maddenin miktarı en büyük sorunlardan biri olarak durmaktadır.

Şimdiki hesaplamalar evrenin sadece küçük bir parçası referans alınarak yapılabilmektedir. Yakın bir gelecekte evrenin 'açık' mı, 'kapalı' mı yoksa 'düz' bir evren mi olduğunun anlaşılacağı muhakkaktır.

Açık evren modeli halinde, evrendeki madde genişlemeyi durdurmaya yetmeyecek ve evren genişlemeye sonsuza kadar

devam edecektir. Galaksiler ve yıldızlar birbirinden gittikçe uzaklaşacak, galaksilerin içlerindeki gaz ve toz kümeleri de seyrekleşeceğinden yeni yıldız oluşumları azalacak, yıldızlar yok olacağından galaksiler soğuk ve karanlık kalacak ve evren daha fazla soğuyacaktır. Bu süre, ne süre devam ederse etsin, protonun 10^{32} yıl olan ömründen daha uzun sürmeyecektir. Çünkü, 10^{32} yıl sonra, yani maddenin temeli olan protonun yaşam süresi sona erince, evrendeki her şey çürümüş olacaktır.

Kapalı evren modeli, yani evrenin ortalama yoğunluğu kritik yoğunluğun üzerinde bulunması halinde, genişleme gittikçe yavaşlayacak ve bir gün tamamen duracaktır. Duran evren, içindeki maddenin gravitasyon kuvveti ile büzülmeye başlayacak, galaksiler, yıldızlar birbirlerine gitgide yaklaşarak birbirlerinin içine girecektir. Sonunda tekrar bir tekillik noktasına gelinecektir. Böyle bir durumda her şey süper dev bir karadeliğin içinde kaybolacaktır.

Galaksiler, Evrendeki Adalar

1609 yılında Galileo teleskopuyla uzaya baktığında, çok uzaklarda milyonlarca yıldızın oluşturduğu bir ışık bandı görmüştü. 1750'de Thomas Wright bunların, Güneş sisteminin de bir üyesi bulunduğu yıldızlar grubu olduğunu ileri sürmüştü. 1784 yılında William Herschel, bu yıldızların disk şeklindeki bir galaksinin içinde yer aldığını ve Güneş'in de bunlardan biri olduğunu anlamıştı. Herschel Güneş'in, galaksinin merkezine yakın bir yerde bulunduğunu düşündü. Galaksinin çok uzaklarında yerleşmiş karışık şekilli bulut benzeri izleri de tespit etti.

1755 yılında Alman filozof Immanuel Kant, galaksinin uzaklarında görülen silik izlerin 'nebula' denilen, galaksilerden ayrı yıldız toplulukları olduğunu ileri sürdü. Diğer bilim adamları ise bunların galaksinin içinde yer alan yıldız toplulukları olduğunda ısrar ediyorlardı. Bu arada Güneş'in de içinde bulunduğu galaksiye 'Samanyolu' adı verildi. 1901 yılında Hollandalı Jacobus Kapteyn Samanyolu'nun çapını 23.000 ışık yılı olarak hesaplayarak bir haritasını çıkardı. Samanyolu'nun ötesinde nelerin bulunduğu hakkında bir fikir yoktu ve onun ilerisinde evrenin sonsuz büyüklükte bir boşluk olduğu sanılıyordu.

Daha sonra Amerikalı Harlow Shapley, Cepheid değişken yıldızlarını kullanarak hassas uzaklık ölçümleri gerçekleştirdi. Shapley, Samanyolu'nun dairesel şekle sahip olduğunu ve Güneş'in onun kenarında bir yerde bulunduğunu belirtti. Galaksinin çapı 100.000 ışık yılı kadardı. Shapley de Samanyolu'nun evrendeki tek galaksi olduğuna inanıyordu. Sonuçta Copernik'ten 400 yıl sonra Güneş'in evrenin merkezi olmadığı gözlemlerle anlaşılmıştı.

1924 yılında 2.5 metrelik teleskopla çalışan Edwin Hubble, Andromeda bulutunun içinde Cepheid yıldızlarını keşfetti. Bunlar, Samanyolu'nun dışında ayrı bir yıldızlar sistemiydi ve

gazların oluşturduğu nebula değildi. Samanyolu'nun çok ilerisinde yer alan bu spiral şekilli galaksinin uzaklığını Hubble 2.3 milyon ışık yılı olarak hesap etti. Andromeda'nın dışında başka galaksileri de keşfeden Hubble'ın keşfi üzerine evrenin sanıldığından daha geniş olduğu anlaşıldı. 1935 yılına kadar yaptıkları gözlemler sonucunda Hubble ve asistanı Milton Humason, 500 milyon ışık yılı mesafe içinde 100 milyon galaksinin bulunduğu bir genişliğin gözlemini gerçekleştirdiler.

Radyo astronomi biliminin bulunmasıyla 20'ci yüzyılın ikinci yarısında milyarlarca ışık yılı uzaklıklardaki galaksiler, yüzlerce ve binlerce galaksinin oluşturduğu gruplar, 20 milyon ışık yılı genişliğindeki dev galaktik gruplar keşfedildi. Galaksilerin sahip oldukları farklı şekiller ve içlerinde barındırdıkları yıldızların sayıları belirlendi.

1920'lere kadar, uzayda milyonlarca yıldız bulunduğu bilinmesine karşılık, Samanyolu'nun evrenin tek galaksisi olduğuna inanılıyordu. Samanyolu'nun sınırlarının dışında, içinde hiçbir şeyin bulunmadığı, bir boşluk olduğu sanılıyordu. Bu arada, çok uzaklarda, Herschel zamanından beri gözlenen, nebula gaz bulutlarının da diğer evrenler olduğuna inanılıyordu. Bu inanışların tamamı Hubble'ın gözlemleri ile değişti. 1924'den itibaren evrenin sanıldığından çok daha geniş olduğu, aralarında milyonlarca ışık yılı mesafelerin bulunduğu çok sayıda galaksinin evreni doldurmuş olduğu, bunların yerlerinde sabit durmayıp, birbirlerinden büyük hızlarda uzaklaştıkları anlaşıldı.

1784 yılında Cepheid değişken yıldızları keşfedilmişti. 1912'de ise bunların periyotlarının parlaklıkları ile olan ilişkisi anlaşılmıştı. Periyot ve parlaklık ilişkisinden bu yıldızların ve onların içlerinde yer aldığı galaksilerin uzaklıkları ölçülebilir

duruma geldi. Ayrıca, çok uzaklıklardaki galaksiler Doppler etkisiyle hassas olarak tanımlanabildi.

Evrende en az 100 milyar galaksinin bulunduğu hesaplanabilmektedir. Bunlar ikili, üçlü veya daha çok sayıda gruplar halinde birbirine yakın konumda dururlar. Galaksi grupları da galaktik yığınlarını oluşturur. Yığınlar da dev yığınları, onlar da süper dev kümeleri şekillendirir. Şu ana kadar 3000'den fazla galaksi yığınının katalogu çıkarılmıştır. Halen gözlenmiş milyarlarca ışık yılı uzaktaki dev galaksi yığınlarının ilerisinde diğer galaksilerin de bulunduğu bir gerçektir.

Son gözlemler, süper dev galaksi kümelerinin evren boşluğunda dağılmış sayısız adette 'köpüklerin' yüzeylerinde yer almış olduklarını göstermektedir. Balon şeklindeki köpüklerin yüzeylerindeki kesitlerinde bulunan gruplar yığınları oluşturmakta, bir köpüğün üzerindeki milyonlarca galaksi süper dev kümeleri şekillendirmektedir. Her köpük, galaksilerin birbirlerinden uzaklaşması ile genişlemekte ve sayısız adetteki köpüğün her biri de birbirinden uzaklaşmaktadır. Bu bir 'köpük evren' modelidir.

Evren boşluğundaki 100 milyar galaksi çok farklı şekillerde ve boyutlardadır. Bazıları, ortalarından uzaya müthiş hızlarda gaz jeti fışkırtır. Evrenin içinde dağınık bir şekilde bulunan galaksiler ve kümeler çok uzaklardan bakıldığında üniform bir görünüm verir. En küçüklerinde bile milyonlarca yıldız bulunur. Büyük olanları binlerce milyar yıldızı barındırır. Galaksilerin üçte biri, Samanyolu gibi, spiral şekildedir. Yarısına yakını eliptik, diğerleri ise dağınık şekillerde veya şekilsiz görünümdedir.

Önceleri çok uzaklardaki galaksilerin sessiz ve sakin olduğuna inanılıyordu. 1950'lerde radyo teleskopların imal edilmesiyle, uzaklardaki bazı galaksilerden güçlü radyo

dalgaları alındı. Radyo teleskoplardan elde edilen resimlerde, bunların ortalarından uzaya ince bir gaz jetinin çıktığı görüldü. Milyonlarca ışık yılı uzunluğundaki bu gaz jetleri galaksinin ortasında bulunan yoğun çekirdekten müthiş hızlarda fışkırıyordu. Bu durum, birçok galaksinin sakin olmadığını ve içlerindeki bazı cisimlerin son derece yüksek enerji üreten faaliyetlerde bulunduğunu göstermektedir.

Büyük Patlama ile meydana gelen hidrojen ve helyumdan şekillenen gaz iki milyar yıl boyunca genişledi. Evrende herhangi bir biçime sahip cisim henüz bulunmuyordu. Genişleyen gaz soğudu ve inceldi. bazı yerlerde daha yoğun, diğer yerlerde daha hafifti. Yoğun yerlerdeki gaz, gravitasyonun etkisiyle daha yavaş genişledi. Yavaş hızlarda genişleyen gazın genişlemesi kendi çekim kuvvetiyle durdu ve içine çökmeye başladı. Böylece galaksilerin ham maddesi şekillenmeye başladı. İç kısımlarda yoğun diskler oluştu. Disklerin boyutları çok büyüktü ve bunlar galaksi yığınlarını meydana getirdi. Her gaz bulutu bir yığını oluşturmuştu.

Yığınlardan şimdiki galaksilerin nasıl şekillendiğine dair birbirinden farklı teoriler bulunmaktadır. Bunlardan biri, son derece yoğun ve enerjik olan kozmik iplikçikler ve Büyük Patlama sırasındaki ters vakumla ilgilidir. Diğeri ise, Büyük Patlamadan hemen sonraki enflasyonla oluşan düğümlerdeki enerjinin uzay-zaman geometrisini bozmasıdır. Evrenin enflasyon sırasında süper soğumasıyla uzaydaki düğümler çözülerek birer enerji dalgası halinde kayboldular. Bunlar sonradan parçacıklara rastlayınca, onları bir arada sıkıştırdı ve sıkışmış madde sonraları galaksilerin ham maddesini oluşturdu.

İki milyar yıl sonra meydana gelen bu yoğunluk farkının gerçek nedeni henüz bilinmemektedir. Yoğunlukların daha fazla bulunduğu yerlerde şekillenen ilk galaksilerin oluşması sırasında evren yedi milyar yaşına ulaşmıştı. Soğuk ve karanlık

olan sıkışmış gaz bulutları daha sonra parçalanarak galaksileri meydana getirdi. Bunlar çok farklı boyutlardaydı. Bazı yığınlar birbiri ile çarpışarak dev kümeleri oluşturdu. Önce, süper dev kümeler, sonra yığınlar, arkasından galaksiler, daha sonra yıldızlar, gaz ve toz bulutları, gezegenler ve aylar meydana gelerek evrendeki düzen kuruldu.

Süper kütleli galaksi yığınları evrende bir kuşak içinde yer alır. Düzlemler veya zincirin halkaları şekillerinde sıralanmış süper yığınların arasındaki muazzam boşluklarda hemen hemen hiç bir şey yoktur. Bunlardan en yakınımızda olanı Virgo kümesidir. Evrenin en cüsseli cismi olan süper galaktik kümelerinden biri olan Virgo yığınının merkezinde Virgo yıldızlar topluluğu yer almıştır. Yandan görünüşü düz eliptik şekilde olan bu dev kümenin boyu yüzlerce milyon ışık yılı kadardır. Dev kümenin içinde bulunan bütün galaksi yığınları merkeze doğru hareket etmektedir.

Bizim içinde bulunduğumuz grup da aynı merkeze doğru 250 km/saniyelik bir hızla çekilmektedir. Virgo'nun dışında, Coma, Herkules ve Perseus gibi diğer süper dev yığınlar da vardır. Her birinin ortasında binlerce büyük galaksi grupları yer almıştır. Herkules süper kümesi 650 milyon ışık yılı, Perseus ise 235 milyon ışık yılı genişliğindedir. Virgo süper kümesinin, 300 milyon ışık yılı uzaklıktaki, kendisinden daha büyük olan kümeye doğru hareket etmekte olduğu gözlenmektedir.

Galaksi yığınlarının içinde bulunan galaksi sayıları, ikili ve üçlü galaksilerden binlerce galaksi arasında değişmektedir. Evrende tek başlarına ayrı duran galaksiler de mevcut olup bunların gruplardan kaçıp uzaklaşan eski üyeler olduğu sanılmaktadır. Bu grupların içlerinde barınan galaksiler, binlerce ışık yılından yüz binlerce ışık yılı arasında genişliklere sahiptir. Bizim içinde bulunduğumuz yığına 'yerel grup' adı verilir. Bu küçük boyutta bir yığındır. Grubun içinde 26 adet

üye vardır. Henüz keşfedilmemiş birkaç tane daha küçük galaksinin mevcudiyeti tahmin edilmektedir.

Yerel grubun içindeki bütün galaksiler hareket halindedir. Samanyolu, grupla birlikte saniyede 200 kilometrelik bir hızla seyahat etmektedir. Yerel grubun genişliği dört milyon ışık yılı civarındadır. 10 milyon ışık yılına sahip bir alan içinde yerel gruptan başka bir galaksiler grubu bulunmamaktadır. En yakınımızdaki grup ise Virgo kümesinin içinde yer alan grup olup, binlerce galaksiyi ihtiva etmektedir. Virgo grubunun ortasında M87 dev eliptik galaksisi yer almıştır. Virgo grubunun uzaklığı 52 milyon ışık yılıdır. 8.8 milyon ışık yılı genişliğindeki grup dağınık bir şekle sahip olup M87 güçlü bir x-ışını kaynağı olarak gözlenmektedir.

Virgo'dan daha büyük olan Coma Berenices grubu, Coma süper kümesinin lideri olup, içinde binlerce galaksiyi barındırmaktadır. Küresel şekilli, 10 milyon ışık yılı genişliğinde ve bizden 326 milyon ışık yılı uzaklıktadır. Merkezi bölgesinde büyük kütleli, spiral ve eliptik galaksilerin yer aldığı Coma Berenices oldukça yaşlı bir grup olarak tanımlanmaktadır.

Coma'dan daha düşük yoğunluğa sahip Herkules grubundaki galaksilerin çoğu ikili gruplar halinde dağılmışlardır. Herkules'in Coma'dan daha genç bir grup olduğu tahmin edilmektedir. 235 milyon ışık yılı uzaklıktaki Perseus grubunun ortasında süper dev eliptik bir galaksi vardır. Birbirine göre yüksek hızlarda hareket eden Perseus galaksilerinden güçlü radyo sinyalleri de gelmektedir.

Yerel grup iki büyük spiral galaksiyi ihtiva etmektedir. Biri, grubun en büyük galaksisi olan Andromeda ve ikincisi de Samanyolu'dur. Andromeda 2.3 milyon ışık yılı uzaklıkta olup 124.000 ışık yılı çapındadır. Grubun diğer üyeleri bu iki büyük galaksinin yakınlarında yer almıştır. Samanyolu'nun en yakın

komşuları, Large ve Small Magellanic Bulutlarıdır. Large ve Small Magellanic bulutları ilk olarak, 1519-1522 yılları arasında gemisiyle Dünya etrafında seyahat eden Ferdinand Magellan tarafından gözlenmişti.

Large Magellanic bulutu Samanyolu'nun ¼'ü, diğeri ise 1/6'sı büyüklüktedir. Large Magellanic bulutu bize 170.000 ışık yılı, Small Magellanic ise 200.000 ışık yılı uzaklıktadır. Birincide 20 milyar, diğerinde ise 8 milyar yıldız yer almaktadır. Yerel grubun üçüncü spirali ise M33'dür. M33'ün yakın bir komşusu yoktur. Geri kalanlar ya eliptik cüce yada şekilsiz küçük galaksilerdir. Yerel grubun boyu 3.000.000 ışık yılıdır.

Spiral galaksilerin ortasında yoğun bir disk ve onun etrafında uzayın derinliklerine kadar uzayan spiral kollar bulunur. Spiral kollar, ortadaki diskin düzlemindedir. Ortadaki disk yaklaşık bir küre şeklindedir. Bazı spiral galaksilerde ise orta kısım bir çubuk şeklinde olup, spiral iki kol çubuğun iki ucundan çıkar. Spiral galaksilerin bazılarının merkezleri güçlü x-ışını kaynağı halindedir. Spiral kolların birçoğu ise radyo dalgası çıkarır. Radyo dalgaları, kollarındaki soğuk ve karanlık hidrojen gazından çıkar ve bu dalgalar galaksilerin etrafındaki görünmeyen gazların meydana getirdiği halelerinin bir belirtisidir.

Halelerin mevcudiyeti, galaksilerin optik teleskoplarda görülen ölçülerinin çok üstünde olduğunu ifade etmektedir. Andromeda spirali 124.000 ışık yılı genişliği ile çok büyük bir galaksidir. Samanyolu ise 100.000 ışık yılı çapında bir spiraldir. Yerel grubun diğer bir spirali olan Triangulum M33, bunlardan biraz daha küçük üçüncü bir spiral galaksisidir. Çapı 52.000 ışık yılıdır. Samanyolu'nun yakın komşuları olan Magellanic Bulutları ise çubuklu spirallere birer örnektir.

Samanyolu'nun içinde 200 milyar, Andromeda'da 1 trilyona yakın yıldız yer almaktadır. Bu yıldızların büyük bir kısmı galaksilerin orta bölgelerinde bulunur. Yeşilimsi görülen bu yıldızlar oldukça yaşlıdır. Spiral kollarda yerleşik yıldızlar ise oldukça genç olup mavimsi görünümdedir.

Galaksilerin oluşum süreci içinde gravitasyon kuvvetinin etkisi ile merkezde sıkışan ve yoğunlaşan gaz kütlesi, sonraları parçalanarak yıldızları meydana getirdi. Merkezde oluşan yıldızlar ortadaki çekirdeğin etrafında dönmeye başladı. Böylece yıldız yoğunluğundan ortaya çıkan merkezin dönüşüyle ortada biriken gazlar etrafa saçılarak düz bir disk oluşturdu. Daha sonra ortaya çıkan yoğunluk dalgaları gravitasyonel alan içinde ortadaki malzemeyi etrafa yaydı. Yıldızların birbirine göre hareketleri sırasında yörüngelerindeki değişiklikler ve dalgasal yayılmaları spiral kolları oluşturdu.

Spiral kolların bağlı bulunduğu orta disk oldukça ince olup, çapının 1/5'i kalınlıktadır. Böyle diskler oldukça dayanıksız olur ve galaksinin birkaç dönüşünden sonra kollar kaybolup disk bir çubuk haline dönüşür. Bu yoldan oluşan çubuklu galaksiler, spiral galaksilerin evrimlerinin son halidir. Yine de, bir spiral galaksinin çubuklu galaksi haline dönüşmesi, galaksinin dış bölgelerinde yer alan hale malzemesinin miktarına bağlıdır. Hale bölgesindeki görülmeyen maddenin fazlalığı galaksinin dönüşüm süresini uzatır. Disk ve çubuk merkezli galaksilerin bir başka şekli de mercek şekilli spirallerdir.

Eliptik galaksiler kırmızımsı görünümlü yaşlı yıldızlardan şekillenip, spiral galaksiler gibi bir diskleri yoktur. Küresel şekillerden uzun elips şekillere kadar birçok değişik görünümlerdedir. Önceleri, eliptiklerin spiral galaksilerden oluştuğuna inanılmasına karşılık, günümüzde bütün farklı galaksilerin aynı zamanda şekillendikleri anlaşılmıştır.

Galaksiyi meydana getiren yoğun gaz kütlesinin hızlı dönüşüyle spiral, daha yavaş dönüşüyle eliptik galaksilerin meydana gelmiş olduğu günümüzde bilinmektedir. Eliptik galaksilerin içlerindeki yıldız oluşumlarının artık tamamlandığı ve yıldızlarının yaşlı oldukları anlaşılmaktadır. Bu tür galaksilerde çok büyük miktarlarda toz yer almaktadır. Eliptik galaksilerin oluşumuna ait son gözlemler ve teoriler, bunların spiral galaksilerin birbiri ile çarpışmaları sonucunda meydana geldiklerini göstermektedir.

Gruplar içinde bulunan iki galaksi arasındaki ortalama uzaklık 1.5 milyon ışık yılıdır. Bu oldukça büyük bir mesafedir. Buna rağmen iki galaksi arasındaki gravitasyon kuvveti bunları birbirine doğru iter ve sonunda çarpışmalarına sebep olur. Büyük ve Küçük Magellanic Bulutları, Samanyolu'nun etrafında döner ve bir dönüşünü 500 milyon yılda tamamlar. Bu iki küçük galaksi, galaksimiz etrafındaki dönüşleri sırasında ortadaki diski bükerler ve merkezdeki yıldız, gaz ve tozlar bir kenarda yukarı bükülürken diğer taraftakiler aşağı bükülür. Diskin kenarının, Magellanic Bulutlarının etrafında dönüşüyle, bükülmesi bir milyar yılda bir devir yapar.

Samanyolu'nun da bu bulutlara uyguladığı gravitasyon nedeniyle, üç galaksi arasında gaz akışı bulunmaktadır. Birer spiral dev olan Andromeda ve Samanyolu ortak bir çekim merkezinin etrafında döner. Elips olan yörüngelerinin üzerinde, milyonlarca yıllık dönemlerde birbirlerine yaklaşır ve uzaklaşırlar. Sonunda her iki galaksi çarpışacaktır. Milyarlarca yıl sonra meydana gelecek çarpışma durumunda, yıldızlar birbirinin arasından sıyrılarak geçecek ve fazla bir zarar görmeyecektir.

Galaksilerin aralarındaki gel-git etkileri sonucu eğilip bükülen merkez diskleri modern cihazlarla gözlenmektedir. Disklerini etkileyemeyecek kadar uzaklıkta olan galaksiler ise

birbirlerinin içlerindeki hafif malzemeler olan, kahverengi cüceler ve halede bulunan karanlık madde gibi cisimleri çeker. Virgo grubu içinde yer alan NGC5426 ve NGC5427 spirallerinin kolları halen birleşmiş ve diskleri karşılıklı çekim kuvvetiyle çarpıtılmış durumdadır. Bunlar birbirlerini 100 milyon yıllık periyotlarda salındırmaktadır.

Bazı durumlarda ikiden fazla galaksinin birbirini şiddetle etkilediği görülmektedir. Birbirinin yakınına gelen bu galaksilerden her biri diğerinden gaz ve malzeme emer ve bu durum teleskoplarda, galaksilerin arasında onları bağlayan ince uzun urgan gibi görülür. IG29 ve IG30 isimli iki spiral galaksi birbiri ile çarpışıp, birbirinin içinden geçip gitmiştir. Spiral kollarında bir değişiklik olmamış, sadece iki galaksinin diski arasında, şu anda görülen, bir gaz köprüsü oluşmuştur. 650 milyon ışık yılı uzaklıktaki büyük bir spiral galaksi ile kafa kafaya çarpışan küçük bir galaksi onun içinden geçerek diskinde bir delik açmıştır. 300 milyon yıl önce meydana gelen bu olaydan sonra spiral galaksi şekil değiştirerek çember galaksi haline dönüşmüştür. Her iki galaksi şu anda 250.000 ışık yılı mesafede bulunmaktadır.

1950'lerde optik ve radyo teleskopların birlikte işbirliği ile uzaklardaki galaksilerin merkezlerindeki olaylar incelenmeye başlandı. Bazılarının sanıldığı gibi sessiz ve sakin olmayıp çok güçlü radyoaktif ışınlar çıkardıkları görüldü. Bunlardan bir kısmı radyo galaksilerdi. Radyo teleskoplar bu tür galaksilerden güçlü radyo dalgalarının yayıldığını tespit etti. Galaksinin ortasındaki müthiş bir patlama sonucunda her iki yönde meydana gelen jet sütunlarında içerdeki malzeme ters yönlerde evren boşluğuna fırlatılmaktadır. 60.000 km/saniye gibi korkunç bir hızla fırlayan parçacıklar galaksi içindeki gazı yakmakta ve bir basınç dalgasının oluşmasına sebep olmaktadır. Radyo galaksiler, x-ışını ve gamma ışınları da

çıkarır. Bu çok enerjik ışınlar galaksinin çekirdeğindeki dar bir bölgeden yayılır.

Samanyolu ve Andromeda'daki M31'in çekirdeklerinin de aktif olduğu ve bu bölgelerin çok güçlü manyetik alanlarla çevrildiği tespit edilmiştir. Aktif galaksilerin içlerindeki olayları izah eden en son teoriler, böyle galaksilerin tam ortasında birer 'karadeliğin' bulunduğunu öngörür. Galaksideki yıldızlar, gaz ve tozlar devamlı olarak karadeliğin içine girmekte, girerken spiral dönen bir disk meydana getirmektedir. İçeriye yutulan malzemenin %10'una eşit bir enerji, bu sırada, dışarı fırlatılmaktadır. Dışarı çıkan bu enerji de yüklü parçacıklardan oluşan jet sütunlarını meydana getirmektedir. Karadeliğe girmeden önce son derece ısınan madde yok olmadan önce x-ışınları yaymaktadır. Bütün büyük galaksilerin merkezlerinde birer karadeliğin yerleşmiş bulunduğuna inanılmaktadır. Karadelikler yüzünden merkezlerinde birçok olayın geçtiği aktif galaksilerin bir süre sonra sakinleşeceği düşünülmektedir.

Galaksilerin içlerinde yer alan yıldız ve gezegenlerin dışında 'nebula' adı verilen gaz ve toz bulutları da bulunur. Bunlar yıldızlararası boşluklarda yerleşmişlerdir. Birçok farklı dalga uzunluğunda görülen nebulalar parlak veya karanlık bulutlar halindedir. Bazıları etkileyici renklerde görülür. Orion bulutu içindeki M43 ve M42 nebulaları parlak ve siyah renklere ve parlak pembe bir görüntüye sahiptir. Bunlar bizden 1500 ışık yılı uzaklıktadır.

Karanlık görünüşlü nebulalar genellikle tozdan oluşup, görünen bir radyasyon çıkarmaz. Bunların malzemesi genellikle karbon, silikon, magnezyum ve alüminyum atomlarıdır. Parlak görülen nebulalarda ise tozun yanında gaz da bulunur. Sıcak yıldızlara yakın konumda olan bu tür nebulalar yıldızın ışığını yansıtır. Bu tip nebulalar mavi görünümdedir.

Bir nebula içindeki madde son derece ince olarak dağılmış olup, bir santimetre küp hacim içinde en fazla 10.000 atom bulunur. Nebulanın merkezi bile bir sigara dumanından milyarlarca defa daha incedir. Her bir metre küp içinde sadece bir tane toz zerreciği vardır. Tozlar buzla kaplanmıştır. Bu kadar küçük ve az yoğunluktaki nebula maddesinin optik teleskoplarda görülmesinin sebebi uzayda kapladıkları büyük hacimdir. Orion nebulası 20 ışık yılı genişliğinde olup içine 10.000 tane Güneş sistemini sığabilir. Nebulalar galaksi ile birlikte döner. İçlerinde yeni bir yıldız oluşunca, gaz ve tozlar harekete geçerek uzaklara fırlatılır. Yapılan hesaplar Orion'daki M24'ün önümüzdeki 10.000 yıl içinde görünmez olacağını göstermektedir.

Samanyolu galaksisi ilk olarak, 1784 yılında büyük teleskopuyla uzayı gözleyen Herschel tarafından ileri sürüldü. Galaksi yandan bir disk şeklinde görülür. Etrafında dört adet spiral kol yer almıştır. Merkeze en yakın kol Centaurus, en uzak olanı Perseus ve diğer ikisi de Sagittarius ve Orion olarak adlandırılır. Spiral kollar sabit olmayıp, her elli dönüşte bir, galaksiyle birleşirler. Spiral kollar tek bir kütle olarak hareket etmeyip, içlerindeki her yıldız kendi başına döner. Böylece bir yıldız aynı kol içinde devamlı kalmaz, kolun içinde yavaş hareket ederek bir süre sonra iki kol arasındaki boşluğa girer, burada hızlı hareket ederek bir sonraki kola dalar ve tekrar yavaşlar. Kollar arasındaki boşluklar tamamen boş olmayıp, az da olsa cisimlerle doludur.

Galaksinin çapı 100.000 ışık yılı olup, Güneş merkeze 30.000 ışık yılı uzaklıkta yerleşmiştir. Diskin kalınlığı ise 1000 ışık yılıdır. Orta kısımda yıldızların çoğunun yoğun şekilde toplandığı çekirdek 20.000 ışık yılı çapında ve 3000 ışık yılı kalınlığındadır. Çekirdeğin sadece %10'u gazdır. Orta kısma

göre daha az kalınlıktaki spiral kollar her yaştan yıldızı, orta kısım ise sadece yaşlı yıldızları barındırmaktadır.

Galaksinin Güneş'in bulunduğu bölgesi saniyede 230 kilometre hızla dönmektedir. Tam bir dönüşü 220 milyon yıl sürer ve buna 'kozmik yıl' adı verilir. Samanyolu'nun tüm kütlesi Güneş'in 1 ile 2 trilyon katı arasında bulunmaktadır.

Galaksinin merkezine dev bir karadelik yerleşmiştir. Gaz, toz ve yaşlı yıldızları yutan bu karadelikten çıkan yüksek enerjili radyasyon 1970'li yıllarda keşfedilmişti. Büyük bir şans sonucu sistemimiz galaksinin eteklerinde, şiddetli olayların geçtiği merkezden uzak bir yerde bulunmaktadır. Eğer, galaksinin ortalarında yıldızların yoğun olduğu bir yerde bulunsaydık, pek rahat olamayacaktık.

Galaksi, spiral kollarının dışında geniş bir hale tabakası ile çevrilmiş olup, bu bölgede az miktarda yıldızın yanında çoğunlukla gaz ve toz bulunmaktadır. Hale içinde, iki yüz civarında yoğun yıldız galaksi düzlemlerinin alt ve üst bölgelerine dağılmış durumdadır.

Samanyolu saniyede 600 kilometrelik bir hızla Great Attractor kümesindeki Centaurus takım yıldızlarına doğru hareket etmektedir. Dünya'dan bakıldığında spiral kolları görmek mümkün olamaz, çünkü Güneş ve Dünya bu kollardan biri içinde yer almıştır. Görüntü alanı içinde geniş toz bulutlarının bulunması yüzünden galaksinin ortasındaki disk de görülemez. Kendi galaksimizi görememize karşılık komşu galaksileri bütün olarak görmemiz mümkün olmaktadır.

1978 yılında 300 milyon ışık yılı genişliğindeki Boötes grubu keşfedildi. Bu, önce evrendeki en büyük 'delik' sanıldı. Sonra bunun süper dev kümelerin oluşturduğu bir 'galaksiler duvarı' olduğu anlaşıldı. Şimdiye kadar keşfedilmiş en büyük galaksiler kümesi olan bu grubun gerisinde de evrenin devam

ettiği ve gözlenebilen uzayın, evrenin sadece küçük bir parçası olduğuna inanılmaktadır.

Evrenin genişlemesiyle birlikte galaksiler de birbirlerinden büyük hızlarda uzaklaşmaktadır. Gerçekte, birbirinden uzaklaşan galaktik kümeler olup, galaksiler çekim kuvvetlerinin etkisiyle birbirlerini kümelerin içlerinde tutarlar. Bazı kümelerin uzaklaşma hızları ışık hızına yakın olup, zaman içinde hızları daha çok artacaktır. Sonunda galaksiler olay ufkumuzun dışına çıkarak görünmez olacak ve ortadan kaybolacaktır. Galaksilerin aralarındaki uzaklıkların şimdikinin iki katına çıkması, bir 15-20 milyar yıl sonra gerçekleşecektir.

Kuasar, Evrenin Kralı

1943 yılında Amerikalı Carl Seyfert, ortasında küçük ve çok parlak çekirdeği bulunan spiral galaksileri keşfetmişti. 1950'lerde gelişen yeni radyo astronomi teknolojisi ile çok uzaklardan gelen belirsiz radyo sinyallerinin okunması mümkün hale gelmişti. Bunlar en güçlü optik teleskoplarla bile alınamıyordu.

1963'de Hollandalı Maarten Schmidt, 3C273 adındaki bir radyo kaynağına bakıyordu. Bu kaynağın ışığı, tuhaf bir spektrumla bulanık mavi yıldızımsı bir cismi belirtiyordu. Alınan detaylar daha önceki bilgilerin hiç birine uymuyordu ve çok şaşırtıcıydı. Yıldızlardan gelen ışığın spektrumlarındaki renk bandları o cismin nelerden yapılmış olduğunu göstermesine karşılık, 3C273'ün ışığından bir şey anlaşılmıyordu. Işığın kızıla kaymasından 3C273'ün genişleyen evrenin en dış bölgesinde, 2 milyar ışık yılı uzaklıkta,

bulunduğu hesap edildi. Cismin radyo parlaklığı normal bir galaksininkinden 10 milyon kat daha fazlaydı.

Spektrumları geniş bir kırmızıya kayma gösteren bu cisimler ışık hızının %85'ine ulaşan hızlarda uzaklaşıyorlardı. Bu basit bir yıldız veya galaksi değildi çünkü, bu kadar uzaklıkta bir cismin bulunabileceği sanılmıyordu. Ayrıca ışığından, yıldızların temel maddesi olan hidrojenin burada bulunmadığı anlaşılıyordu. 1963'ün sonlarında daha büyük bir sürprizle karşılaşıldı. Hidrojen bulunuyordu, fakat kızılötesi bölgesinde ortaya çıkan hidrojen, bu cismin ışığındaki spektrumun morötesinde görülüyordu.

3C273'ün hemen arkasında bulunan diğer bir uzak cisim 3C48 ve onun uzaklığı ise 3 milyar ışık yılı idi. Bunlara 'kuasar' (Quası-Stellar Radio Sources) adı verildi. 1991 yılında Schmidt, PC 1247+3406'yi keşfetti. Bunun uzaklığı ise 12 milyar ışık yılı kadardı ve gözlenmiş en uzak gök cismi olmuştu. Daha sonra binlercesi keşfedildi ve tanımlandı. 12 milyar ışık yılı uzaklıktan gelen ışık evrenin yaşının %90'ı boyunca seyahat etmiş olmalıydı ve biz o cismin ilk oluştuğu andaki ışığını görüyor olmalıydık.

Galaksilerin ışığının kızıla kaymasından ortaya çıkan uzaklık hesabından, 3C273'ün 2 milyar, 3C48'in 3 milyar ışık yılı uzaklıkta bulundukları düşünüldüğünde bunlardan dışarı yayılan radyasyonun Samanyolu'nun çıkardığının 1000 katı olması gerekirdi. Son derece güçlü radyasyon kaynağı olmalarının yanında, bu cisimlerden çıkan radyasyon, her bir kaç hafta boyunca değişen görünümlerdeydi.

Bu durum, onların sadece bir kaç ışık yılı gibi küçük genişliklerde olduklarının bir ifadesiydi. Aksi takdirde, cismin en uzak noktasının radyasyonunun daha uzun periyotlarda alınması gerekiyordu. Bu kadar küçük boyutlarda olmasına rağmen düşünülemeyecek kadar uzaklıklardan son derece

şiddetli ışık gönderen bu cisimler neydi ve içlerindeki müthiş enerji nereden kaynaklanıyordu ?

Önceleri bunların, dev pulsar veya süpernovaların zincirleme reaksiyonlarının bir görüntüsü olduğu sanıldı. Sonra, dev galaksilerin çekirdeklerinden dışarı fışkıran yüksek hızlı parçacıkların radyasyonu veya relativiteye göre güçlü gravitasyon alanlarının meydana getirdiği kızıla kayma olduğuna inanıldı. Fakat, açıklamaların hiçbiri yapılan gözlemlere uymadı.

Sonunda kuasarların, evrenin ilk zamanlarında, henüz galaksilerin oluşum sürecinin öncesinde meydana geldikleri, spektrumlarının geniş bir bölge içinde arkaalanda devamlı olarak görülmekte olduğu anlaşıldı. Kızıla kaymalarının büyük uzaklıklarından dolayı, bir kozmolojik olayın sonucu olması gerekiyordu.

Kuasarların verdikleri spektrum, son derece aktif çekirdeklere sahip olan Seyfert galaksilerine çok benzer. Kuasar ve Seyfert galaksileri arasındaki benzerlikler, onların aynı tür cisimler olduklarını ve daha az aktif çekirdeklere sahip Seyfert'lerin kuasarların bir sonraki evrimleri şeklinde izah edilebilir. Bu son derece yoğun cisimlerle ilgili tam bir açıklama henüz yapılamamıştır.

1969 yılında, kuasarların inanılmaz enerjilerinin içlerindeki karadeliklerden kaynaklandığı ileri sürüldü. Kuasarın merkezine yerleşmiş Güneş'in kütlesinin 100 trilyon katında süper dev bir karadelik bile bir kuasarın enerjisine ancak yetebilirdi. Kuasardaki gaz ve malzemenin karadeliğe girip yok olması ile, Einstein'ın $E=mc^2$ formülüne göre meydana gelen enerji, kuasarın enerjisini yaratabilirdi.

Kuasarlardan yayılan enerjinin çoğu bir sinkrotron radyasyonu şeklinde olup, iyonize parçacıkların rüzgarı halinde dışarı çıkar. Gözlemler, orta bölgelerde ince tozların

süpürüldüğünü göstermektedir. Bunlar karadeliklerin mevcudiyetini güçlendirmektedir. Kuasarlardaki karadelik kütlelerinin 100 milyon ile 1 trilyon Güneş kütlesi arasında olması gerektiği hesaplanmıştır.

Parlaklık ve uzaklıkları, evrenin ilk zamanları hakkında edinilecek en mükemmel delillerdendir. Bu kadar uzak mesafelerden gönderdikleri ışığının yarı yol üzerinde bulunan galaksilerden geçerken eğilip yolunu değiştirmesi de Einstein'ın genel relativitede öngördüğü büzülmüş uzay-zaman için güzel bir örnektir. Bir galaksinin arkasındaki kuasar birden fazla görüntü halinde görülmektedir. Buna, 'Einstein kayması' adı verilir.

1989 yılında, güney yarı küresinden PHL1222 kuasarı görüldü. Bu bir ikiz kuasardı ve çift arasındaki uzaklık 100.000 ışık yılı kadardı. 12 milyar ışık yılı uzaklıkta yer alan ikiz kuasarlar birbirine benzemeyip, gözlemlerinin yapıldığı sırada henüz yeni doğmuş olmaları gerekiyordu.

Kuasarlar sırlarını hala korumaktadır. Bunlar, radyo ve Seyfert galaksilerle birlikte aktif galaksiler olarak, galaksi evriminin değişik görünümleri de olabilir. Fakat ilk kuasarın daha galaksiler şekillenmeden önce, evrenin ilk 1 milyarıncı yılı içinde oluştuğu, sonra bunların galaksilere dönüştükleri de düşünülmektedir. Son yıllarda keşfedilen birçok radyo kaynağı, kuasarların 18 milyar ışık yılı uzaklıkta yer aldığı ve en parlak galaksiden 1000 kat daha parlak olduğu gözlenmiştir.

Kuasarlardan daha uzak herhangi bir gök cismi henüz bilinmemektedir. Kuasarların, civarımızda bulunan diğer evrenlerin akdelikleri olduğu da düşünülebilir.

Yıldızlar da Ölür

Ptolemy zamanında yıldızların, evrenin dış yüzeyine konulmuş parlak şekiller olduğuna inanılırdı. Copernicus zamanında ise onların çok uzaklarda bulunan ve ışık çıkaran cisimler olduğu anlaşılmıştı. Onlar, gezegenler gibi Güneş'in ışığını yansıtmıyorlardı. Kendileri ışık çıkarıyorlardı. Yani Güneş yakındaki bir yıldızdı, yıldızlar da uzaktaki güneşlerdi.

17'ci yüzyılda Galileo, Samanyolu içindeki silik gözüken çok sayıda yıldızı inceledi. Newton'un sonsuz boyutlu evren fikrinden, yıldızların Güneş'e hep aynı uzaklıkta olmadıkları ve karışık şekilde dağıldıkları anlaşıldı. Hepsinin parlaklığı aynı idi ve silik görülenler daha uzaklarda bulunuyorlardı. O zamanki insanların yıldız uzaklıklarını ölçme imkanları henüz yoktu ve başka bir açıklama yapılamıyordu. Diğerinden dört kat daha parlak görülen bir yıldız, onun uzaklığının yarısı bir yerde bulunuyor olmalıydı.

MÖ-150'lerde eski Yunanlı Hipparchus yıldızların büyüklüklerine göre sınıflandırmasını yaptı. Henüz teleskop bulunmadığından çıplak gözle yapılan bu tasnif doğru değildi. 1838'de F.W. Bessel, 61 Cygni ismindeki yakın bir yıldızın uzaklığını ölçtü. Bunun için paralaks metodunu kullandı. Dünya'ya çok uzaklardaki, bütün yıl boyunca aynı yerde duruyormuş gibi görülen bir yıldızı referans aldı. Dünya'nın Güneş'in etrafındaki yörüngesinin iki en uç noktası ile 61 Cygni yıldızını birleştiren iki doğru arasındaki açıyı hesapladı ve 61 Cygni'nin uzaklığını çıkardı. Dünya'nın konumundan dolayı, bu teknikle en fazla 10.000 adet yıldızın uzaklık ölçümü yapılabiliyordu.

19'cu yüzyılda, ışığın yoğunluğunun nasıl ölçülebileceği bulundu. Işıklarının yoğunluklarından yıldızların büyüklüklerinin ölçülmesi mümkün hale geldi. Fakat bu da sonuçta hassas ölçümler için yeterli değildi. Çünkü, çok parlak görünen bir yıldız, yakında bulunan silik bir yıldız da olabilirdi veya silik görüleni çok uzaklardaki parlak bir yıldız da olabilirdi. Yıldızın gerçek parlaklığı önemliydi ve bunun için uzaklığının doğru olarak bilinmesi gerekiyordu.

1912 yılında Henrietta Leavitt Cepheid yıldızlarının parlaklıklarının, uzaklık ölçümlerinde kullanım metodunu keşfetti. Cepheid yıldızlarının parlaklıkları birkaç saat ile birkaç hafta arasında değişen çok alışılmış periyotlarda yükselir ve alçalır. Cepheid'lerin bazıları paralaks metodu ile uzaklıklarının ölçülmesine izin verecek kadar Dünya'ya yakın konumda bulunurlar.

Leavitt bu yıldızların gerçek büyüklüklerini hesap ederek, bir Cepheid'in gerçek büyüklüğü ile parlama periyodu arasındaki oranı buldu. Sonra Cepheid'lerin uzaklıkları hesaplandı. Görünen parlaklıkla uzaklık arasındaki ilişki bulundu, sonra da çok uzaklıklardaki, paralaks metodunun izin

verdiği sınırın dışındaki, yıldızların uzaklıkları hesaplanabildi. 1920'lerde Hubble, 2.5 milyon ışık yılı mesafedeki bazı galaksileri, Cepheid değişken yıldızları kullanarak ölçtü.

Sıra, yıldızların içlerindeki enerjinin nereden kaynaklandığına, sıcaklıklarına ve içlerinde nelerin bulunduğuna gelmişti.

Atom, ortada çok küçük, fakat büyük ağırlıktaki bir çekirdek ve etrafındaki geniş bir hacim içinde dönen elektronlardan meydana gelir. Atom enerji kazanınca elektronlardan bazısı heyecanlanır ve daha yüksek enerji seviyesindeki yörüngelere sıçrar. Bu elektronlar eski yörüngelerine geri dönünce de foton, yani bir radyasyon şeklinde enerji dışarı çıkar. Dışarı çıkan radyasyonun dalga boyu, onu yaratan elektronun yörüngesine geri dönmesi ile serbest kalan enerjinin miktarına bağlıdır. O elektronun çıkardığı enerjinin miktarı yükseldikçe, dışarı fırlayan radyasyonun frekansı artar ve dalga boyu kısalır.

Katılarda veya yoğun cisimlerde atomlar birbirine çok yakın konumda bulunduklarından, atomlar daima birbiri ile etkileşir ve elektronları da yörüngeler arasında durmadan gidip gelirler. Bu durum, o cismin belli ölçüler içinde bütün frekanslarda radyasyon çıkarmasına neden olur ve devamlı 'kesintisiz' bir spektrum gösterir.

Gaz gibi gevşek cisimlerde, birbirinden aralıklı duran atomların aralarındaki etkileşmeler ise çok az olur. Dolayısıyla böyle cisimlerin atomlarının elektronları az miktarda enerji yaratır. Bir elektronun iki yörünge arasındaki hareketi sırasında serbest kalan enerji miktarı gazlarda, atomun dışına çıkan radyasyonun dalga boyuna eşit olur. Gazlarda, her tür atom kendisine ait dalga boyunda 'kesintili' radyasyon çıkarır. Ve bu radyasyon spektrumda dar çizgiler halinde görülür. Çizgiler atomların parmak izi olup, her biri başka bir atomu ifade eder.

Bir yıldızın ışığından elde edilen spektrum ise kesintisiz fakat karanlık çizgileri olan bir şekildedir. Burada radyasyonun Bazı dalga boyları kayıptır. Bu durum, 1814 yılında Joseph von Fraunhofer tarafından Güneş ışığında keşfedilmişti. Yıldız ışıklarının Fraunhofer çizgileri vermesinin sebebi, yıldızların daha az sıcak olan atmosferlerindeki atomların, çıkardıklarına eşit miktarda radyasyon soğurmalarıdır. Karanlık Fraunhofer çizgileri, yıldızların atmosferindeki atomların göstergesi olup, o atomların yaydıkları radyasyonla aynı dalga boylarına sahiptir. Bu çizgilerin karşılaştırılmasından yıldızın atmosferindeki kimyasal elementler kolaylıkla tanımlanabilir.

1868 yılında Norman Lockyer, Güneş ışığının spektrumunu incelerken, o zamanlar bilinen elementlerin hiçbirine uymayan farklı bir çizgi gördü. Bu helyum elementiydi ve yeryüzünden önce Güneş'in içinde keşfedilmişti. Evrende ikinci en bol bulunan bu element, Dünya'da bu olaydan 20 yıl sonra tanımlanacaktı. Helyum, Güneş'te de ilk bulunan element olmuştu. Daha sonraları, doğadaki 92 elementin 67'si de Güneş'te keşfedildi. Güneş'te en bol bulunan element hidrojendi. Her bir milyon hidrojen atomuna karşılık 60.000 helyum atomu, 100-1000 arasında oksijen ve karbon, 10-100 arasında azot, silikon, neon, magnezyum, demir, sülfür, sodyum, alüminyum, argon, kalsiyum, nikel, vs de keşfedildi.

1865'de İskoçyalı William Thomson (Lord Kelvin) ve Alman Hermann von Helmholtz, yıldızların birer gaz bulutu olduklarını ve kendi gravitasyon kuvvetlerinin etkisiyle sıkışarak top haline geldiklerini ileri sürdüler. Sürtünme ile ısındıkları ve yüksek sıcaklıkları yüzünden parladıklarını söylediler. Bu iddia pek doğru değildi. Doğru olsaydı Güneş'in 20 milyon yaşında olması gerekirdi. Halbuki, Dünya'nın milyarlarca yıl yaşında olduğu jeolojik verilerden biliniyordu ve Güneş'in de en az Dünya kadar yaşlı olması gerekirdi.

1920 yılında, Einstein'ın Relativite Teorisinin 'önemini' ilk anlayan bilim adamı olan İngiliz Arthur Eddington, Güneş'in enerjisinin içindeki hidrojenin yanarak helyuma dönüşmesinden ileri geldiğini öne sürdü. Eddington'un düşüncesi doğruydu. Fakat bu olayın nasıl olduğunu izah edemedi. Bunun açıklaması iki Alman bilim adamından geldi. 1938'de Hans Bethe ve Carl von Weizsacker, yıldızların derinliklerinde bol miktarlarda bulunan tek protonlu hidrojen atom çekirdeğinin birçok reaksiyondan sonra helyum çekirdeğine dönüştüğünü, meydana gelen yeni çekirdeğin kütle farkının $E=mc^2$ formülüne göre enerji çıkardığını belirttiler.

Yıldızların merkezlerinde oluşan bu füzyon reaksiyonundan kaynaklanan enerji, sonunda yüzeye çıkıyor ve radyasyon şeklinde uzaya dağılıyordu. Yıldızın çekirdeğinde hidrojen bulunduğu sürece yıldız parlamaya devam edecek ve hidrojen tükenince yıldız sönerek içine çökmeye başlayacaktı. Alman bilim adamları ilk doğru açıklamayı yapmışlardı.

1931 yılında gemi ile İngiltere'ye gitmekte olan doktora öğrencisi Hindistanlı Subrahmanyan Chandrasekhar, yolda yaptığı hesaplarda yıldızların ömürlerini inceledi. Yakıtını yakıp tüketmiş bir yıldızın Güneş'in ağırlığının 1.44 katına eriştiği takdirde, içindeki gravitasyon kuvvetinin ağır basacağını ve yıldızın içine doğru çökmesine sebep olacağını buldu. Güneş'in 1.44 katından daha ağır yıldızlar sonunda patlayıp uzayda dağılacak, daha hafif olanlar ise sonunda sönmüş birer cüce olarak kalacaktı.

1909'da Hollandalı Ejnar Hertzsprung yıldızların ışığının verdiği spektrum renkleri ile onların parlamaları arasında bir ilişki bulunduğunu anladı. Hesaplarına göre koyu mavi görülenler daha parlak olmalıydı. Aynı sonuçlara 1913 yılında Amerikalı Henry Norris Russel de ulaştı. Yıldızların yüzey sıcaklıkları renkleri ile orantılıydı. Bütün bunları bir

diyagramda gösterdiler ve buna 'Hertzsprung-Russel diyagramları' adı verildi. H-R diyagramlarından yıldızların mutlak büyüklükleri ile sıcaklıkları ve kütleleri arasındaki oran belli olmaktaydı.

1932 yılında Rus Lev Landau, yakıtını tüketerek patlayan bir yıldızdan geriye kalan çekirdeğin, protonlarla elektronların birbirine yapışarak şekillenen nötronlardan oluşması gerektiğini ileri sürdü. 30 kilometre çapında, 100 milyon ton/cm^3 yoğunluğundaki bu çekirdek yıldızına 'nötron yıldızı' adını verdi. 1950'li yıllarda George Gamow, ağır elementlerin sadece yıldızların çok sıcak olan merkezlerinde üretilebileceğini gösterdi. Artık, yıldızların özellikleri ve içlerindeki reaksiyonlar matematiksel olarak açıklanmıştı ve evrimleri tanımlanmıştı. Şimdi iş onları gözlemlemeye kalmıştı.

Karanlık bir gecede gökyüzüne bakılınca çıplak gözle 2000'den fazla yıldız görülebilir. Bunlar Samanyolu'nun içindeki yıldızlardır. Evrende yaklaşık 100 milyar tane galaksinin bulunduğu ve her galakside en az 100 milyar yıldızın yer alabileceği hesabından, içinde yaşadığımız evrende en az, trilyon defa trilyon adet yıldızın bulunması gerekir. Bu sayının çok daha fazla olması da muhtemeldir, çünkü bazı dev galaksilerde trilyonlarca yıldız mevcuttur. Yaşadığımız Dünya üzerinden karanlık uzayın derinliklerinde görebildiğimiz 2000 tane yıldız, bütünün yanında ne olabilir?

Yıldızlar çok çeşitlidir. Çift yıldızlar, değişken yıldızlar, beyaz ve siyah cüceler, dev yıldızlar, vs. Bunların hepsi gazdan yapılmış birer ateş topudur. Merkezlerindeki müthiş sıcaklık hepsini parlak gösterir. Işıkları her yöne dağılır. Bizim görebildiğimiz sadece bizim yönümüzde çıkan ışıklarıdır. Onlara bakınca birer ışıklı nokta halinde görülürler. Halbuki çok büyüktürler. Bazıları farklı renklerde görülür. Bazıları tek başlarına durur, bazıları ise gruplar halindedir. Bazıları çok

gençtir, bazıları ise çok yaşlı. Sonuçta, onlar da insanlar gibi doğar, büyür, yaşlanır ve ölürler.

Yıldızlar, galaksiler gibi evrenin ilk zamanlarında şekillenmedi. Çünkü madde, erken zamanlarda yüz binlerce derecelik sıcaklıktaydı. Evrenin devamlı genişlemesiyle hidrojen gazı soğudu ve Büyük Patlamadan 2 milyar yıl sonra galaksilerin şekillenmesi başladı. Sonra galaksilerin içindeki gazların bir araya gelmesiyle nebulalar oluştu. Nebulaların bazı bölgelerindeki gaz yoğunlukları santimetre küpte milyarlarca moleküle ulaştı. Yoğun yerlerdeki gazlar büzüldü, gaz kütlesinin iç kısımları dış bölgelerden daha hızlı çökmeye, merkezdeki gazlar ısınmaya ve gaz bulutu dönmeye başladı.

Yüz binlerce yıl süren çökme sonunda gaz kümesinin dönüş hızı arttı ve düz bir şekil aldı. İç bölgelerdeki büzülme daha güçlü olduğundan oradaki madde küremsel şekle geldi. İçeri kısım küreselleşirken dışarıdaki gaz ve toz bulutu dönen bir disk oluşturdu. Dışarıdan sıcak merkeze düşen madde, kutuplardaki iki jet halinde dışarı püskürtüldü. Dışarı fırlayan madde civardaki gaz ve tozları uzaklara süpürdü. Ortadaki küresel sıkışmış çekirdeğin etrafı temizlendi. Merkezdeki yüksek sıcaklıkla moleküller parçalandı, atomlarına ayrıldı, atomlar da elektronlarını kaybederek iyonize hale geldi. Basınç yükselerek dışarıdaki malzeme iç bölgelere doğru sıkışmaya başladı. Henüz ortada yıldızı oluşturacak bir nükleer reaksiyon yoktur.

Yıldızın ham maddesi sıkıştıkça merkezdeki basınç milyarlarca kat fazlalaşır ve sıcaklık onlarca milyon dereceye çıkar. Elektronlarını kaybeden pozitif yüklü hidrojen çekirdekleri birbirlerine yaklaşır ve çarpışmaya başlar. İki pozitif yüklü protonun birbirini itme gücü bu çarpışmayı önleyemez. Böylece hidrojen çekirdekleri birleşerek helyum çekirdeklerini şekillendirir. Meydana gelen helyum

çekirdeğinin ağırlığı, onu oluşturan hidrojen çekirdeğinden biraz daha hafiftir. $E=mc^{2}$ ye göre, aradaki bu kütle farkı enerjiye dönüşür. Ve bu enerji müthiş bir miktardır. Bir gramlık hidrojenin helyuma dönüşmesinden çıkan enerji 600 milyon elektrik lambasını bir saniye süresince yakabilir.

Hidrojen-helyum farkından ortaya çıkan bu enerji dışarı kaçtıkça merkezdeki sıcaklık daha da artar. Dışarı çıkan enerji radyasyon şeklindedir ve yıldız maddesinin dış tabakalarına doğru yol aldıkça soğur, en dışta iyice soğur ve tekrar merkeze geri döner. Merkezde tekrar ısınır ve yine yüzeye doğru yükselir. Işık şeklindeki radyasyon ve ısı, üst tabakalardaki gaz ve toz bulutlarını tamamen uzaklara fırlatır ve yıldız görülür hale gelir.

Nebulanın içinde bir araya gelerek sıkışan gaz yeterli miktarda değilse, Güneş'in kütlesinin %8'inden az ise, maddeyi sıkıştıran gravitasyon kuvveti füzyon reaksiyonunu başlatacak kritik seviyenin altında olur ve merkezin sıcaklığı yeterli dereceye ulaşamaz. Bu durumda o cisim bir yıldız olamaz ve sadece kızılötesi radyasyonundan tanınabilen sıcak bir gök cismi olarak kalır. Bunlara 'kahverengi cüceler' adı verilir. Bunlar, Jüpiter boyutunda, yıldız olabilmek için yeterli kütleyi bulamamış gezegenlerdir.

Güneş sisteminin oluşumu sırasında eğer Jüpiter şimdiki kütlesinin 65 katı madde toplayabilseydi, yine Güneş'in etrafında dönen bir 'kırmızı cüce' olacaktı. Büyük Patlamadan sonra yıldız olabilmiş cisimlerin yaratılış sistemleri böyledir. Daha sonraları olmuş yıldızların birçoğu ise, ömrünü tamamladıktan sonra patlamış yıldızların fırlattıkları malzemelerden şekillenmiştir. Bu artık malzemelerin içlerinde helyumdan daha ağır elementler de bulunur. İçindeki ağır elementlerin mevcudiyetinden Güneş'in ilk jenerasyon bir yıldız olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, 5 milyar yaşında,

evrenin yaşına göre oldukça genç bir yıldız olduğu da bilinmektedir.

Sistemimizin en büyük gezegeni olan Jüpiter, Güneş'ten çok küçük olmasına rağmen ona çok benzer. Her ikisi de, en fazla hidrojenden yapılmıştır. Her ikisinin yoğunluğu da suyun yoğunluğunun biraz üzerindedir. Atmosferlerinden aşağıya inildikçe yukarıdaki gazların ağırlığı yüzünden basınç artar. İçlerine girilince de, hidrojen gazı sıvı hidrojen halinde olduğundan basınç birden yükselir. Daha diplerde, basınç daha fazlalaşır. Tam merkezindeki müthiş basınca ancak, atomlar halinde bulunan, hidrojen dayanabilir.

Merkezdeki hidrojen atomlarını bu yüksek basınçta parçalanmaktan kurtaran şey, proton ile elektron arasındaki elektriksel kuvvettir. Bu kuvvet Jüpiter'in içindeki gravitasyonel basınca dayanabilmektedir. Yıldızların kütlesi, Jüpiter'inkinden çok daha büyüktür. Yıldızlarda, protonlarla elektronlar arasındaki elektromanyetik kuvvet onların muazzam ağırlıklarının yarattığı gravitasyona dayanamadıklarından, atomları parçalanır ve nükleer reaksiyonlar başlar. Jüpiter'in kütlesi yeterli olmadığından bu olay gerçekleşemez ve onun ölçüsündeki bir cisim de yıldız olamaz.

Gezegenler dağılmamış atomları sayesinde ayakta dururlar. Yıldızlarda ise atomlar parçalanıp dağılmış olup, onu bir arada tutacak bir şey bulunmadığından maddesi içeri doğru çökmeye çalışır. Dağılmış atomların oluşturduğu bir plazma içinde, civardan çökme basıncı geldikçe, proton ve elektronlar gittikçe büyüyen hızlarda civarda uçuşur ve plazma maddesi de gittikçe ısınır. Isınan proton ve elektronlar, dışardan içeri gelen gravitasyon kuvvetine karşılık, içeriden dışarıya bir karşı kuvvet uygular. Bu karşı kuvvet gravitasyonla oluşan çökmeyi bir dereceye kadar önler. Bu arada, yıldız dışarıya foton şeklinde radyasyon enerjisi çıkardıkça plazma soğur.

Yıldızın daha fazla çökmesini önlemek için merkezindeki sıcaklığın durmadan devam etmesi gerekir. Yıldız çöktükçe merkezdeki yoğunluk artar ve sıcaklık yeterli derecede devam eder. Sıcaklık devam ettikçe oradaki nükleer reaksiyonlar devam eder. Bu nükleer reaksiyonlar devam ettikçe de yıldız parlar.

Yıldızların içlerindeki enerjinin temelinde, hidrojenin helyuma dönüşmesi, yani bir 'füzyon' olayı yatar. Bu olayın prosesi yıldızdan yıldıza değişir. Güneş boyutundaki bir yıldızdaki proses sadece hidrojen veya proton-proton devresidir. Proses iki hidrojen çekirdeği bir araya gelince başlar. Pozitif yüklü tek bir protondan oluşan hidrojen çekirdekleri yan yana gelince birbirini iter. Yıldızın içindeki yüksek sıcaklık ve basınç yine de onları birbirine yaklaştırır. Bu sırada protonlardan biri yükünü kaybederek nötrona dönüşür. Nötronun bir elektrik yükü yoktur ve protondan biraz daha fazla ağırlıktadır. Nötron ile diğer proton birleşince deteryum meydana gelir. Bu olurken, bir positron ile bir nötrino dışarı çıkar. Nötrino hem yüksüzdür, hem kütlesi sıfıra çok yakındır. Her delikten geçebilir ve beraberinde büyük miktarda enerji götürür.

Meydana gelen deteryum, derhal diğer bir protonla çarpışarak gamma ışını şeklinde enerji çıkarır. Şimdi ortada iki proton ve bir nötrondan oluşmuş çekirdek vardır, yani helyumun izotopu. Bu çekirdeklerden ikisi çarpışır ve iki proton ile iki nötronlu adı helyumu oluşturur. Böylece hidrojen prosesinin sonunda helyum çekirdeği şekillenmiş olur. Bu sıralarda ortaya çıkan enerjinin bir kısmı yıldızı ısıtmakta kullanılır, bir kısmı ise uzaya kaçar. Dışarı kaçanlar nötrinolar tarafından taşınır ve artık yıldızın bir işine yaramaz. Positronlarca taşınan enerji ise, positronların elektronlarla

çarpışıp yok olmaları ile radyasyona dönüşür. Bu radyasyon da sıcaklığını koruyabilmek için yıldız tarafından soğurulur.

Güneş'in kütlesinin çok üzerindeki ağırlıklara sahip yıldızların çekirdekleri 15 milyar dereceden daha sıcaktır. Bu sıcaklıklarda daha ağır elementlerin reaksiyonları görülür. Bu reaksiyonlardan en belirgin olanı bir karbon prosesinden sonra oluşan karbon çekirdeğidir. Altı proton ve altı nötrondan oluşmuş karbon çekirdeği bir protonla birleşerek azot çekirdeğini şekillendirir. Bu sırada bir gamma ışını dışarı çıkar. Oluşan azotta yedi proton ve altı nötron vardır, yani dengesizdir. Dengesiz azot çekirdeği bir positron ile bir nötrino fırlatır. Ve böylece yedi protondan biri nötrona dönüşür. Çekirdek şimdi yedi nötronu bulunmasına rağmen bir karbon çekirdeği haline gelmiştir.

Bu karbon çekirdeği yeni bir protonla karşılaşınca yeniden bir azot çekirdeği şekillenir. Yeni azotun yedişer proton ve nötronu vardır, yani artık dayanıklıdır. Bu sırada bir gamma ışını daha fırlar dışarı. Karbon çekirdeği başka bir protonla karşılaşınca bu sefer dayanıksız bir oksijen meydana gelir. Bir gamma ışını daha çıkar. Oksijen, bir positron ve bir nötrinonun ayrılıp dışarı çıkmasıyla bozunur ve yedi proton ile sekiz nötronlu başka tür bir azota dönüşür. Bu azot yine başka bir protonla birleşir, iki proton ve iki nötronlu helyum ile, altı proton ve altı nötronlu karbona şekillenir. Böylece prosesin başlangıç noktasına dönülmüş olunur. Karbon devresinin sonunda helyum üretilir, nötrino, gamma ışını, foton ve positron şeklinde enerji çıkarılmış olur.

Büyük kütleli yıldızlarda proses çok hızlı gerçekleşir. Hidrojen devresinde ise proses daha yavaştır. Çok ağır yıldızların verdiği muazzam miktardaki enerjinin nedeni budur. Süper dev kütleli yıldızlarda berilyum elementi de ise karışır ve üçlü alpha reaksiyonu oluşur. Sonuçta helyum karbona

dönüşür. Bunların ilerisindeki reaksiyonlar da mevcut olup, daha ağır olan magnezyum, demir gibi elementler meydana gelir. Reaksiyonların çeşitliliği ve devamlılığı yıldızın kütlesinin miktarına bağlıdır.

Yıldızların içindeki bu reaksiyonlar önce Arthur Eddington tarafından ortaya atıldı, ondan sonra gelen Hans Bethe, Carl von Weizsacker, George Gamow, Robert Atkinson ve Fritz Houter- mans tarafından kuantum mekaniğinin yardımıyla izah edildi. 1960'lardan sonra da, gelişen cihazlarla keşifleri ve ispatları yapıldı. Füzyon reaksiyonu sonucunda hidrojenin helyuma, sonra daha ağır elementlere dönüşmesiyle yaşayan, ısı ve ışık çıkaran yıldızların içlerinde geçen olaylar 1940'larda çözülmüş oldu.

Bir hidrojen bombasında da yıldızlardaki aynı proses oluyordu ve sonunda bomba müthiş bir güçle patlıyordu. O zaman, aynı füzyon olayının geçtiği Güneş neden patlamıyordu? Çünkü her ikisinde geçen füzyon reaksiyonları farklıydı. Yıldızlardaki hidrojen, tek protonlu adi hidrojen çekirdeğiydi ve oradaki reaksiyon çok uzun bir süre içinde geçiyordu. Bombadaki hidrojen ise, onun deteryum ve trityum adı verilen ve çekirdeklerinde bir protona karşılık bir ve iki adet nötron bulunan nadir izotoplarıydı ve reaksiyon bir saniyenin küçük bir kesrinde geçiyordu. Yıldızlardaki reaksiyonlar, zayıf etkileşimin etkisiyle ağır ağır nötronun beta bozunması sonucu, bir proton ve bir elektrona dönüşmesi ve bir nötrino çıkarmasıyla gerçekleşiyordu. Nitekim, nötrino parçacığı bu açıklamalardan çok önce 1931'de Pauli tarafından öngörülmüştü. 1956 yılında da, öngörülüşünden 25 yıl sonra, Frederic Reines ve Clyde Cowan tarafından deneylerde yakalanmıştı.

Yıldız içindeki füzyon reaksiyonunun başlayabilmesi için, onun birkaç milyar yıl boyunca içine çökmesi ve merkezinin sıkışması gerekir. Sonra deteryum oluşur ve helyumu meydana getirecek reaksiyonlar hızlı gelişir. Çekirdekteki yüksek sıcaklıkta, füzyon reaksiyonunda ortaya çıkan radyasyon enerjisinin fotonları zig-zag izleri takip ederek yıldızın yüzeyine doğru yol alırlar. Sonra tekrar çekirdeğe çekilir, daha sonra tekrar dışarıya doğru giderler. Her bir fotonun bu hareketi binlerce yıl sürer. En sonunda yıldızın dış yüzeyine ulaşır ve uzaya dağılırlar. Yıldızın dış tabakalarındaki gaz az yoğun ve düşük sıcaklıktadır. Nükleer reaksiyonlar yıldızın çekirdeğinde gerçekleştiğinden, çekirdekte genellikle helyum yer alır. Hidrojenin yanıp helyuma dönüşmesi ise çekirdeğin dış tarafında meydana gelir.

Yıldızların evrimlerini gösteren Hertzsprung-Russell diyagramı onların gerçek parlaklıkları ile büyüklüklerinin bir göstergesidir. Diyagramın alt kısmında en silik olanlar, üst kısımlarında ise en parlak olanlar yer alır. Yüksek sıcaklık tarafında bulunan yıldızlar mavi görülen ve sıcaklıkları 25.000 derecenin üzerindekiler, daha aşağılarda 11.000-25.000 arası sıcaklıkta ve mavimsi görülenler vardır. Daha aşağılarda ise düşük sıcaklıktaki yıldızlar bulunur. l0.000 derecelik sıcaklığa sahip yıldızlar beyaz gözükür. Güneş 6000 derece yüzey sıcaklığı ile sarımsı gözüken bir yıldızdır. 3500 derecenin altındakiler kırmızı renktedir. H-R diyagramı yıldızların evrimlerine göre tanzim edilmiştir. Yıldızın kütlesinin büyüklüğü onun sıcaklık ve parlaklığının göstergesidir.

Güneş'in ömrü 10 milyar yıldır. Güneş'in beş katı bir yıldız ise sadece 70 milyon yıl yaşayabilir. Güneş ölçüsündeki bir yıldız ömrünü tamamlayınca soğur, kırmızı renge bürünür ve sonunda 50 kat genişler. Bu sırada çekirdeği büzülür ve çekirdeğinin sıcaklığı yükselir. 100 milyon dereceye ulaşınca

içerdeki helyum yanmaya başlar. Helyumun yanmasıyla karbon ve oksijen oluşur, içerdeki enerji azalır, yıldız büzülmeye başlar. Yıldızın merkezi tekrar genişler, yıldız kısa bir süre için tekrar dev boyutlara ulaşır. Yıldız dış tabakalarını uzaya fırlatır ve etrafı bir nebula görünümü alır. Geride kalan çekirdek tekrar büzülür. Büzülmeyle birlikte içindeki yanmalar devam eder ve yıldız cüce haline gelir. Yıldızın kütlesi büyüdükçe bu olaylar daha kısa zamanda gerçekleşir. H-R diyagramlarında yer alan yıldızların parlaklık ve sıcaklıklarından, onların kütlelerinin miktarı ve yaşam sürelerini hesap etmek mümkündür.

Bazı yıldızlar ömürlerini korkunç birer patlama ile tamamlar, bazıları ise sessiz ve sakin bir şekilde. Hidrojenini yakıp tüketen yıldızın çekirdeğinin büzülmesiyle içerde oluşmuş helyum yanmaya başlar. Fakat dış bölgelerdeki hidrojen yanmaya devam eder. Bu sırada yıldız genişleyerek dev boyutlara ulaşır. Yüzeyi soğur ve kırmızıya dönüşür. Bu arada parlaklığı da artar. Yıldız bir 'kızıl dev' haline gelmiştir. Dayanıksız durumdaki dev yıldız birden patlayarak dış tabakalarını uzaya fırlatır. Geride kalan çekirdek son derece sıcak ve mavi-beyaz görünümdedir.

Geride kalan çekirdeğin büzülmesi gravitasyonla artar, yoğunluğu yükselir, atomlar birbirine yaklaşır. Ve içerdeki madde dejenere olur. Son derece yüksek sıcaklıkta elektronlarını kaybetmiş iyonize atomların çekirdekleri birbirine daha fazla yaklaşır. Serbest kalan elektronlar etrafa dağılır. Birbirini sıkıştıran elektronların çıkardığı basınç büzülmeyi çoğaltır ve çekirdeğin yoğunluğu santimetre küpte birkaç tona ulaşır. Çok sıcak ve beyaz ışıkla parlayan bu yıldıza 'beyaz cüce' adı verilir. Bu bir Dünya boyutunda küçük bir yıldızdır.

Yıldızın kütlesi Güneş'in kütlesinin 1.44 katından küçükse, beyaz cüce olmuş yıldızın içinde başkaca bir reaksiyon gerçekleşmez, yıldız soğumaya başlar ve karanlık görünümlü bir 'siyah cüce' haline gelir ve o durumda sonsuza kadar kalır. Beyaz cüce halinden sonra siyah cüce olması için geçen süre bir trilyon yıldır. Bu evrenin şimdiki yaşının çok üzerinde olup, henüz bir siyah cüce gözlenmemiştir.

Beyaz cüceler 1915 yılından beri bilinmektedir. Halen yüzlerce beyaz cüce tespit edilmiş olup civarımızda daha binlercesinin bulunduğu sanılmaktadır. Chandrasekhar limiti olarak adlandırılan 1.44 sayısı önemlidir. Eğer yıldızın kütlesi Güneş'in 1.44 katından büyükse, beyaz cüce olmuş yıldızın içindeki reaksiyonlar devam eder. Çekirdekteki sıcaklık yükselir, helyumun yanması ile karbon haline gelmiş yıldız maddesi çok karışık bir takım proseslerden sonra demire dönüşür. 600 milyon derecede yanan karbon, neon ve magnezyum çekirdeklerini şekillendirir.

Karbon yanması sona ererse bu sefer bir milyar derecede neon yanması başlar ve oksijen ile magnezyum çekirdekleri üretilir. Sıcaklık 1.5 milyar dereceye çıkınca neon biter, oksijen yanmaya başlar. Bu yanma silikon çekirdeklerini oluşturur. Oksijenin yanması durunca da üç milyar derecelik sıcaklık oluşur ve silikon yanmaya başlar. Sonunda malzeme demire dönüşür. Çok dayanıklı olduğundan, proses demirde sona erer. Bu sırada elektronlar protonlarla çarpışarak birleşir ve bu birleşmeden nötronlar oluşur. Nötronlar, büzülmeyle birlikte etrafta daha hızlı uçuşur, birbirlerine daha fazla yaklaşır ve içeride birbirine yakınlaşmış nötronlardan oluşmuş korkunç yoğunlukta madde meydana gelir. Bu son proses bir saniye içinde gerçekleşir ve sıcaklık son derece yükselir.

Güneş'ten daha kütleli yıldızlarda gravitasyon kuvveti çok büyüktür ve bu kuvvet malzemenin içeri doğru büzülmesine neden olur. İçerdeki nükleer reaksiyonlar gravitasyonu önlemeye çalışır. Hidrojenin üçte birinin yanıp helyuma dönüşmesine kadar bu başarılır. Güneş'in 18 katı büyüklükteki bir yıldızda bu süreç 11 milyon yıl sürer. Sonunda gravitasyon galip gelir ve çekirdek büzülür. Büzülmeyle birlikte yoğunluk bir santimetre küpte 6 gramdan 1 kg'a yükselir. Büzülme içerideki sıcaklığı 40 mil- yondan 190 milyon dereceye çıkarır. Bu sıcaklıkta helyum yanarak karbona dönüşür. İçerideki enerji yükselmesi, bu sıcaklıkta yıldızı genişleterek dev boyutlara getirir.

Bundan sonraki bir milyon yıl boyunca sıcaklık 740 milyon dereceye çıkar ve karbon yanarak neon, magnezyum ve sodyum oluşur. Çekirdeğin yoğunluğu ise 240 kg/cm$^{3'}$e yükselir. Sonra neon yanmaya başlar ve iki milyar derecede silikona dönüşür. Bu sırada yoğunluk 50.000 kg/cm$^{3'}$e çıkar. Bu basınçta silikondan demir, nikel, krom, titanyum, kobalt gibi elementler meydana gelir. Karbonun çökmeyi önlemesi 1000 yıl, neon'unki birkaç yıl, silikon ise sadece bir hafta sürer. Demir bir nükleer yakıt olamaz çünkü elementlerin en dayanıklısıdır. Bu durumdaki yıldızın çekirdeğinde demir, onun dışındaki tabakalarda silikon, neon, oksijen, karbon, helyum ve en dışta hidrojen yer almıştır. Geride bir nükleer reaksiyon gerçekleştirecek yakıt kalmadığından gravitasyon tek başına kalır ve içeriyi bastırır ve birkaç saniye içinde yıldız çöker.

Yıldızın dışından, kütle ağırlığından kaynaklanan gravitasyonu önleyen, içindeki maddenin yanması sırasında gelen nükleer reaksiyonlardır. Yanmalar sırasındaki kütle farklarından $E=mc^{2'}$ye göre açığa çıkan enerjiler dışarıya doğru radyasyon şeklinde yayılır ve gravitasyonun sebep olduğu çökmeyi dengeler. En sonunda bütün yakıtlar yanıp tükenince

ve artık yanamayan dayanıklı demir ortaya çıkınca dışarıdan gelen gravitasyonla yıldız çöker. Yıldızın yoğunluğu 5 milyar ton/cm^3'e erişir. Bu basınçta, atomların elektron ve protonları çarpışarak nötronu meydana getirir. Bu birleşmeden korkunç miktarda nötrino fırlar. Saniyenin küçük bir kesrinde yıldızın demir çekirdeği 100 km çapa çöker. Basınç da 300 milyar kg/cm^3'e çıkar. Bu basınçtaki yıldız birden patlayarak milyarlarca Güneş parlaklığında bir ışık verir. Bu bir 'süpernova' patlamasıdır.

Süpernova olarak patlayan yıldızın dış tabakaları uzayda büyük miktarda gaz ve toz bulutu meydana getirir. Bu arada ortaya çıkan basınç dalgaları dışarıdaki gazları sıkıştırarak yeni yıldızların oluşmasına sebep olur. Ağır elementlerin çoğu yıldızların süpernova evrimi sırasında oluşur ve patlama ile uzaya dağılır.

24.2.1987 günü, Kanadalı Ian Shelton, Large Magellanic Bulutu içinde müthiş parlak bir cisim gördü. Bu, Güneş'in 20 katı kütleli bir yıldızın 20 milyon yıllık ömrünün sonundaki süpernova patlamasıydı. Bu patlama aslında 170.000 ışık yılı önce olmuştu ve ışığı bize 1987'de ulaşmıştı. Patlamanın gerçekleştiği yıllarda Dünya buz devrini yaşıyordu ve henüz ilkel insan mevcuttu. Daha sonra çeşitli galaksilerin içlerinde yüzlerce süpernova görüldü. Her yıl yaklaşık 10-15 süpernova tespit edilmektedir. Fakat bunların çoğu çok uzaklardaki galaksilerde olmaktadır. Samanyolu içindeki bir önceki süpernova patlaması ise 1604 yılında Johannes Kepler tarafından görülmüştü.

Dünya, bir süpernova patlamasından arta kalan gaz ve tozlardan meydana gelmiş olmalıdır. Çünkü içinde bir süpernovada oluşan elementlerin çoğuna sahip bulunmaktadır. Aynı elementler, %65'i oksijen ve %18'i azot olmak üzere, insan vücudunda bile mevcuttur. Bu durum, Dünya'nın ve

canlıların, bir zamanlar bu civarlarda bulunan süpernovaların patlamasından arta kalan gaz ve tozlardan meydana gelmiş olabileceğinin kuvvetli delilidir.

Süpernova olarak patlayan yıldızın çekirdeğindeki reaksiyonlar devam ederek, demirden daha ağır elementler oluşur. Geride kalan yıldıza 'nötron yıldızı' denir. Yıldızın boyutu küçüldükçe onun açısal momentumu aynı kalır. Çapındaki küçülme, açısal momentumun aynı kalması yüzünden, onun dönme hızını artırır. Nötron yıldızları bir saniyede 1 defadan 1000 defaya kadar kendi çevrelerinde dönüş yapar. Yıldızlardaki manyetik alanların miktarı yine, çapları küçüldükçe çoğalır. Bir nötron yıldızındaki manyetik alan, Güneş'in manyetik alanının milyarlarca katıdır.

Nötron yıldızlarının varlığı bundan 60 yıl önce Amerikalı R. Oppenheimer tarafından matematiksel olarak öngörülmüştü. Pulsar'ların keşfi ile kesinlik kazandı. Nötron yıldızının yoğunluğu bir beyaz cüceden 100 milyon kat daha büyüktür. Güneş kütlesine eşit bir nötron yıldızının çapı sadece 20 kilometre kadardır. Bir çay kaşığını dolduracak malzemesi 500 milyon ton ağırlığındadır. Yüzeylerindeki gravitasyon kuvveti, bir cismi ışık hızına yakın bir hızla çekecek kadar güçlüdür.

Bir nötron yıldızının kütlesi Güneş'in beş katı büyüklükteyse, içindeki nötronlar yıldızın kültesinden gelen sonsuz büyüklükteki gravitasyon kuvvetine dayanamaz ve çekirdek çökmeye devam eder. Yıldız sonsuz yoğunluktaki bir nokta haline gelir. Birkaç kilometre çapına küçülen yıldızdaki gravitasyonel alan o kadar güçlenir ki, yıldızdan artık ışık bile kurtulup dışarı kaçamaz. Bu duruma gelmiş yıldıza 'karadelik' adı verilir.

Kuantum mekaniği açışından bu prosesin açıklaması şöyledir. Bir beyaz cüce haline gelmiş yıldızda, Pauli dışlama ilkesine göre cismin daha fazla çökmesi elektronlarınca önlenir.

Bir Dünya ölçüsünde ve bir Güneş kütlesine sahip yıldız bu durumda soğumaya terk edilir ve bir siyah cüce olur. Bu soğumanın süresi yaklaşık bir trilyon yıl kadardır. Bu yüzden henüz bir siyah cüce gözlenememiştir.

Büyük kütleli yıldızlardaki gravitasyonun sebep olduğu büzülme basıncının artması ile elektronlar birbirine daha fazla yakınlaşır. Pauli ilkesi, iki elektronun aynı kuantum sayısı ile aynı hacmi işgal etmesine izin vermez. Minimum hacmin ölçüsü De Broglie'nin elektron dalga boyu formülü ile tayin edilir. Dalga boyu kısaldıkça elektronun momentumu yükselir. Basınç yükseldikçe elektronlar daha hızlı hareket eder. Güneş kütlesindeki bir yıldızda elektronların ışık hızına yakın hızlarda hareket etmeleriyle Pauli prensibi atomları daha fazla çökmekten korur. Çok kütleli yıldızlarda karbonun yanmasından sonra çekirdeğin yeterli sıcaklığı prosesi devam ettirir. Sonunda yıldız çekirdeğinde demir oluşur. Çekirdekte demirin birikmesiyle nükleer yakıt biter. Daha fazla çöküş olamayacağından Pauli'ye göre çekirdek büzülür ve proses sona erer.

Bundan sonraki çökmeye Pauli prensibi bile engel olamaz ve bu durumda Chandrasekhar sınırı olan kritik kütle devreye girer. Pauli prensibi bir beyaz cücenin müthiş yoğunluktaki maddesinin ilave çöküşünü önleyemez ve demir çekirdekteki elektronlar daha fazla sıkışarak, zayıf etkileşimi başlatacak kadar enerji kazanırlar. Bu durumda protonlar nötrona dönüşür, elektron ve protonlar çekirdekten ayrılarak nötrino halinde yıldızı terk eder. Pauli basıncı azalmaya başlayınca son derece hızlı ve şiddetli bir çekirdek çökmesi meydana gelir. Süpernova patlamasından sonra oluşan nötron yıldızının soğumasıyla da nötronlara Pauli prensibinin tatbikiyle ilave çökmeler engellenmiş olur. Bundan sonraki proses, çok kütleli yıldızlarda

birer karadelik durumudur. Nötron yıldızları, tek bir dev nötron çekirdek gibi düşünülebilir.

Nötron yıldızların çekirdeği solid nötronlardan oluşur. Bunun dışında nötron, proton ve elektronlardan meydana gelmiş süper akışkan bir tabaka bulunur. Onun dışında da 600 metre kalınlığında ince bir kabuk yer alır. Kabuk yine süper akışkan nötronlardan meydana gelir. En dışta 300 metre kalınlığında, nötron, elektron ve çekirdeklerden oluşmuş solid bir tabaka bulunur. Nötron yıldızları yoğunlaşırken güçlü bir manyetik alan çekirdeğin içine donmuş durumdadır. Yıldızın yüzeyinden dışarı devamlı olarak yüklü parçacıklar olan proton ve elektronlar çıkar. Yüklü parçacıklar, milyarlarca kat güçlü manyetik alanın etkisiyle etrafta toplanır ve yıldızın kutuplarında birer radyo dalgaları yaratır.

Yıldız çok hızlı bir şekilde kendi çevresinde döner. Dönüş hızı, saniyede 1000 devire kadar çıkabilmektedir. Manyetik kutuplardan yayılan dalgalar da ince ışın şeklinde, yıldızın dönüşü ile döner ve uzayı süpürür. Eğer Dünya bu iki radyasyon ışınından birinin hizasına gelirse, nötron yıldızının her dönüşünde oluşan bu ışının kısa ışıması alınabilir. Böyle ışın çıkaran nötron yıldızlarına 'pulsar' adı verilir.

Pulsar'lar dönen nötron yıldızlarıdır. Evrendeki görünümleri bir deniz fenerine benzer. Hızlı dönüşleriyle kutuplarından çıkan dalgalar çok kısa ve hassas aralıklarla radyo sinyalleri yayar. İlk pulsar yıldızı 1967'de İngiliz Jocelyn Bell tarafından keşfedildi. Bu, Crab nebulası içinde bir süpernova patlamasının sonunda oluşan bir pulsardı. Saniyede 30 defa sinyal çıkarıyordu ve 1.3373011 saniyelik periyotlarda ve bir saniyenin milyonda biri hassasiyette sinyal veriyordu. Onu meydana getiren süpernova patlaması eski Çinli'ler tarafından 1054 yılında görülmüştü.

Pulsarların dönen birer nötron yıldızları oldukları 1968 yılında İngiliz Thomas Gold tarafından ileri sürüldü. Daha sonra 1987 yılında Large Magellanic Bulutu içinde patlayan bir süpernovanın sonucu oluşan pulsar görüldü. Bugün yüzlerce pulsar keşfedilip kayda geçirilmiştir. Keşfedilmiş pulsarlar içinde en hızlısı olan PSR1913, saniyede 600 defa yanıp sönmektedir. Son derece hassas zaman ölçeği olan pulsarların iki periyodu arasındaki hata oranı bir asır boyunca saniyenin 0.00006 milyonda biri kadar olup, atomik saatlerden bile daha hassastır.

1974 yılında Amerikalı Joseph Taylor ve Russell Hulse PSR1913+16 pulsarını keşfettiler. Bu bir ikiz yıldız sistemiydi ve pulsar ikizi olan nötron yıldızının etrafında sekiz saatte bir dönüş yapıyordu. Çok özel bir durum olan bu ikiz pulsar sistemi Einstein'ın Genel Relativite Teorisinin ispatı için de mükemmel bir deneyi oluşturmuştu.

Yıldızların yaşam süreleri kütlelerinin büyüklüğüne bağlıdır. Güneş'in dörtte biri ağırlıktaki bir kırmızı cücenin içindeki değişiklikler çok yavaş gerçekleşir ve böyle bir yıldızın evrimini tamamlaması 200 milyar yıl sürer. Güneş boyutundaki bir yıldızda bu süre 10 milyar yıldır. Güneş'in beş katı bir yıldız ise sadece 70 milyon yıl yaşar. Yıldızın kütlesi büyüdükçe içindeki nükleer reaksiyonlar daha hızlı gerçekleşir ve ömrü daha kısa sürer.

Bir nebula bulutundan doğmuş yıldız, kütlesinin büyüklüğü ve içindeki hidrojenin miktarına göre önce kızıl dev, sonra beyaz ve siyah cüce haline gelip o durumda uzayda dolaşan küçük karanlık bir cisim olarak kalır. Güneş kütlesinin 1.44 katı olan Chandresekhar limitinin üzerinde bir kütleye sahip olanların evrimleri ise devam eder, beyaz cüce halinden sonra süpernova, nötron yıldızı ve pulsar olurlar. Daha büyük kütleli

olanlar ise nötron yıldızı durumundan birer karadelik haline gelir. Karadelik, dev yıldızların gelebilecekleri son duraktır.

Yıldızlar galaksilerin içlerinde yer almıştır. Tek başlarına durdukları gibi gruplar halinde de durabilirler. Kuzey yarı küresinden görülen Pleiades, birkaç yüz yıldızdan oluşmuş bir gruptur. Taurus yığını içindeki, 130 ışık yılı uzaklıktaki Hyades bize en yakın olan gruptur. 50 tane genç ve parlak yıldızı içeren Jewel Box grubu 7800 ışık yılı uzaklıkta bulunmaktadır.

Güneş tek başına duran bir yıldızdır. Galaksideki yıldızların yaklaşık yarısı Güneş gibi olanlar, yarısı da ikili ve daha fazla sayıda bir arada duranlardır. Çoklu yıldızların 1/3'ü ikiden fazla üyesi olanlardır. Birbirine yakın bulunan yıldızlar, aynı zamanda şekillenen veya oluşum sırasında daha kütleli olanın çekim alanına yakalanıp ondan uzaklaşamayanlardır. Gruplar halinde bulunan bütün yıldızlar ortak bir çekim merkezinin etrafında döner.

Güney ve kuzey yarı küresinde yaşayanlar oldukça farklı şeyler görürler. Kuzey kutbunun tam üzerinde Pole yıldızı vardır. Dünya döndükçe bu yıldız yerinde sabit kalır, diğer yıldızlar gibi hareket etmez. Andromeda, kuzey yarım küresinden bir siluet şeklinde görülebilir. Güney kutbunun tam üzerinde bir yıldız yoktur. Güney yarı küresinden en kolay görünen yıldızlar Crux takımıdır. Bunların arasından Samanyolu'nun Coal Sack nebulasının karanlık izleri görülür. Bu nebula, spiral kollardan birinde yer alan toz bulutudur. Crux'un yanında Alpha Centauri ve Proxima Centauri yıldızları görülür.

Proxima bize en yakın olan, Alpha ise çıplak gözle görülebilen en yakın yıldızlardır. Proxima Centauri ancak teleskopla görülebilir. Hem kuzey hem güney kutbundan farklı zamanlarda görülebilen yıldızlardan birisi Orion takım

yıldızları olup, kış aylarında kuzeyden, yılın diğer zamanında ise güneyden görülebilir.

Yıldızlar saniyede yüzlerce kilometre hızlarla hareket eder. En hızlı yıldızın bir yıl içinde aldığı yol, en yakınımızdaki yıldızın uzaklığının binde biridir. Gezegeni bulunmayan bir yıldız uzayda düz bir hat boyunca ilerler. Gezegeni bulunan yıldızlar ise ortak bir çekim merkezi etrafında döner. Her yıldız ayrıca kendi ekseni etrafında da döner. Uzayda yıldızlararası uzaklık yaklaşık 7.6 ışık yılıdır.

Bazı yıldızlar Dünya'dan daha parlak görülür. Bunun iki nedeni vardır. Ya çok büyük ve çok güçlü ışık çıkaran bir yıldızdır veya küçük ve normal fakat bize yakın bir yıldızdır. Güneş orta boyutta ve parlaklıkta bir yıldız olup, bize çok parlak gözükmesi onun çok yakınımızda bulunmasından ileri gelmektedir. Sirius yıldızı geceleri en parlak gözüken yıldız olup, Güneş'in verdiğinden 26 kat fazla ışık çıkarır. Rigel yıldızı ise Sirius'dan 2000 kat daha fazla parlaktır. Sirius'un uzaklığından 100 kat daha uzakta bulunduğundan parlaklığının derecesi Dünya'dan anlaşılamaz.

Bize en yakın konumdaki yıldız Proxima Centauri olup, güney kutbu tarafından görülebilir. Uzaklığı 4.3 ışık yılıdır. Sirius, 8.6 ışık yılı, bir kızıl dev olan Pegasus 160, Mira 230 ışık yılı uzaklıktadır. 500 ışık yılı uzaklıkta olan Betelgeuse Güneş'in 700 katı büyüklükte olup, dengesiz bir durumdadır. Betelgeuse'in bir gün süpernova olarak patlayacağına inanılmaktadır. Belki, Betelgeuse çok zaman önce patlamış ve ışığı henüz bize ulaşmamış da olabilir.

Güneş yaklaşık 1.4 milyon kilometre çapı ile orta büyüklükte bir yıldızdır. Yıldızların ölçüleri bir beyaz cüceden dev yıldızlara kadar çok değişiktir. Güneş boyutundaki bir yıldız sonunda bir beyaz cüce olup, Dünya ölçüsüne gelecektir. Nötron yıldızları 10 km çapları ile en küçük yıldız türüdür.

Güneş'in 500 katı büyüklüğünde dev yıldızlar, nadir de olsa, mevcuttur.

Birçok yıldızın parlaklıklarındaki değişimler milyonlarca veya milyarlarca yıl alır. Bazılarındaki değişiklikler ise çok kısa süreler içinde olur. Bunların bir kısmı hala genç yıldızlar olup, içlerinden fırlattıkları sıcak gazlar yüzey sıcaklıklarını geçici sürelerde değiştirir. Diğerleri ise periyodik değişikliklere sahiptir. Bunların yüzeylerindeki sıcaklık üniform olarak dağılmamış olup, yıldız döndükçe bu farklı sıcaklık ve parlaklıklar Dünya'dan görülür. Yıldızın yüzeyinde farklı sıcaklıktaki bölgelerin bulunması, yıldızın dış tabakalarındaki gazın düzensiz dağılması ve o civardaki manyetik alanın farklı miktarlarda olması yüzündendir. Bu tür yıldızların periyotları 12 saat ile birkaç yüz gün arasında değişir.

Değişiklikler gösteren yıldızların en önemlisi Cepheid'lerdir. Cepheid yıldızlarının dış tabakalarındaki gazlar dışarı ve içeri doğru hareket halindedir. Bunun sebebi, alt kısımdaki gaz atomlarının önce elektronlarını kaybetmesi, yıldızın büzülmesiyle elektron kaybının artması ve yüzeyin incelmesiyle merkezden daha çok radyasyonun çıkması, böylece yıldızın basınçla genişleyip soğuması ve bu işlemin durmadan devam etmesidir.

Bir Cepheid'in parlaklığı, maksimum parlaklığının %10-20'si arasında değişir. Bu arada, parlaklık yükseldikçe onun periyodu uzar. Cepheid'lerin çoğu sarı renkli süper dev genç yıldızlardır. Periyotları 1 ile 50 gün arasında değişir. Cepheid'lerin bazıları ise yaşlı yıldızlar olup, periyotları daha uzun sürer. Bir Cepheid'in periyodu bilinince onun gerçek parlaklığı ve gerçek parlaklığının görünen parlaklıkla olan oranından, bize olan uzaklığı bulunabilir.

Değişikler gösteren diğer tür yıldızlar ise Novalardır. Novalar, birkaç saat boyunca bir yıldızın bir milyon katı parlar.

Sonra eski parlaklığına geri döner. Nova haline gelen dev bir yıldız, kütlesinin 100.000'de birini aniden uzaya fırlatır ve bunu 10 gün ile 10 yıl arası periyotlarla tekrarlar. Novalar genellikle, ikizi bir beyaz cüce olan çift yıldız sistemlerinde görülür. Yakınındaki ikizinden malzeme emen daha büyük yoğunluktaki beyaz cüce sonunda bir patlama ile dış tabakalarındaki malzemeyi uzaya fırlatır.

Fırlattığı malzeme miktarı bakımından novalar, süpernovaların küçük bir modelidir. İkisi arasındaki en önemli fark, novalarda yıldızın bir patlama ile sadece dış tabakalarını uzaya fırlatması, büyük bir ışık vermesi, sonra eski normal durumuna geri dönmesi, süpernovalarda ise bütün yıldızın patlayarak yaşamına son vermesi veya farklı yıldız haline gelmesidir. Novalar sadece çift yıldız sistemlerinde görülür ve güç kaynakları hidrojendir. Süpernovalar ise tek başına duran dev yıldızlardır.

Güneş'in bir değişken yıldız olmaması bizler için büyük şanstır. Aksi takdirde Dünya üzerinde çok büyük ısı farkları meydana gelecek ve bir canlı yaşamı mümkün olamayacaktı.

Uzaydaki gök cisimleri, evrimlerinin değişik safhalarında büyük miktarlarda ışınlar çıkarır. Bu ışınlar uzayın her yönüne dağılır. Bizim yönümüze doğru yol alan ışınlar Dünya'dan tespit edilebilir. Bir süpernova patlamasından ortaya çıkan enerji, 100 milyar yıldızın her birinin üzerine konacak 10 milyon hidrojen bombasının arka arkaya patlamasına eşittir. Bu miktar enerjinin %99.99'u, patlama sırasında dışarı fırlayan nötrinolar halinde üretilir. Binlerce ışık yılı kalınlığındaki katı cisimlerin içinden kolayca geçebilen ve hiç bir engel tanımayan nötrino parçacıkları, patlama ile birlikte uzayın her tarafına, ışık hızına çok yakın bir hızla dağılır. Uzaydan nötrino yağmurunun gelişi bir süpernova patlamasının habercisi olarak kabul edilmektedir.

23.2.1987 günü 170.000 ışık yılı uzaklıktaki Large Magellanic Bulutunda patlayan süpernova'nın çıkardığı nötrinolar, süpernovanın ışığının alınmasından birkaç saat önce Amerika ve Japonya'da yerin 600 metre altında bulunan detektörlerce tespit edilmişti. Süpernova patlaması sırasında üretilen nötrinoların sayısı 10^{58} idi. Detektörlerin yakalayabildiği miktar ise sadece 11 idi. Geri kalanlar, detektörlerin tanklarının içindeki 7000 ton sudan ve Dünya'nın içinden geçip diğer taraftan uzayda yol almaya devam etmişlerdi.

Uzaydaki gök cisimlerinden çıkıp, yeryüzüne de gelen kozmik ışınlar genellikle, hidrojen çekirdeği olan protonlardır. Bunların dışında az miktarda helyum çekirdekleri ve elektronlar da bulunur. Elektrik yüklü kozmik ışınlar, Samanyolu'nun içine dalınca onun manyetik alanının etkisi ile spiraller çizerek dolaşırlar. Genişliği 100.000 ışık yılı olan galaksi içinde 20 milyon ışık yılı kadar dolaştıktan sonra yeryüzüne ulaşırlar. Dünya'nın atmosferi içindeki gaz moleküllerine çarpan kozmik ışınlar parçalanarak ikincil ışınlar olarak yeryüzüne iner. Böylece yüksek enerjili parçacıklar, atmosferin üst tabakalarında düşük enerjili ve dayanıksız parçacıklar haline gelir. Bunların büyük bir kısmı yeryüzüne inemeden yaşamlarını tamamlar.

Yeryüzüne uzayın her yönünden gelen bu ışınları tanımlamak oldukça zordur. Samanyolu'nun içindeki cisimlerden olduğu kadar çok uzaklardakilerden de gelmiş olabilirler. Kozmik ışınlar, süpernovaların yanında, yakınındaki ikizinden malzeme emen bir nötron yıldızından da dışarı çıkabilir. Kozmik ışınlardaki protonların etkileşimleriyle gamma ışınları ortaya çıkar. Bunların atmosfere çarpmasıyla elektron-positron çiftleri ürer. Bu parçacıklar hava içinde

ışıktan daha hızlı yol alır ve bu nedenle mavimsi görünümlü bir şok dalgası oluşturur.

1934'de Rus Pavel Cherenkov tarafından keşfedilen bu ışınıma 'Cherenkov Radyasyonu' adı verilir. Her şeye rağmen ultra-yüksek-enerjili kozmik ışınlar hala bir sır olarak durmaktadır. Bunların enerjileri 10^{20} eV gücünde olup, Dünya'daki en güçlü parçacık akseleratörlerinin kapasitesi dışındadır. Bu güçteki ışınların, galaksimizin uzaklarındaki galaktik gruplar arasında geçen siklonların sonucu ortaya çıktıkları düşünülmektedir.

Evrenin içinde sayısız miktarda gezegen boyutunda, bir nükleer reaksiyonu başlatamamış, gök cismi bulunmaktadır. Galaksilerin dış bölgelerinde yer alan bu cisimler 'karanlık maddenin' bir kısmını teşkil eder. Bu tür cisimlere MACHO'lar (Massive Astrophysical Compact Halo Objects) adı verilir.

Karanlık oldukları için görülemeyen bu cisimleri tespit etmek mümkün olmuştur. Bunun için bir karanlık cismin arkasından bir yıldızın geçmesi beklendi. Karanlık cisim, arkasından geçen yıldızın önüne gelince bir tutulma olacak ve MACHO teleskoplarla kısa bir süre için tanımlanacaktı. Fakat, bu fikir üzerindeki çalışmalar başarılı olamadı. Uzaktaki yıldızdan çıkan ışınlar MACHO'nun etrafında, onun gravitasyon etkisiyle her iki tarafında bükülüyor ve aradaki görünmeyen cisim yıldızın ışığını fokuslayan bir mercek gibi davranıyordu. MACHO'nun pozisyon değiştirmesiyle de yıldız eski görünümüne dönüyordu.

1986'da yapılan bu denemelerin sonuçsuz çıkması üzerine, 1989'da yeni bir teknik geliştirildi. Güneş'in 1/10'u büyüklüğündeki görülemeyen karanlık cisimler için bir kenarı 5 metre olan fotoğraf plakaları kullanıldı. Plakalardan her biri görünen uzayın binde birini içine aldı. 1989 ile 1993 arasında bu fotoğraflardan 350 tanesi çekildi. 10 milyon yıldızı kapsayan

bu fotoğraflardaki görüntüler, milimetrenin binde biri ölçüsünde, özel makinalarda tarandı. Ortaya, milyonlarca kalın kitabı dolduracak kadar bilgi çıktı.

Daha sonra, Güneş'in binde biri büyüklüğündeki MACHO'lar için, daha hassas olan ve video tekniğinde kullanılan CCD (Charge-Coupled Devices) kameraları geliştirildi. Bu yolla, Güneş'in 1/10'u büyüklüğündeki MACHO'ların izlerini görmek mümkün olmuştur.

Karadelik, En Korkuncu

Bundan önceki bölümlerde açıklanan, içinde trilyonlarca olayın yer aldığı uçsuz bucaksız evrendeki cisimlerin en korkuncu ve esrarlısı karadeliklerdir. İnsan aklının ulaşamadığı boyut ve özelliklere sahip olan bir karadeliği henüz hiç kimse görememiştir. Fakat mevcudiyetleri kesindir. Bir karadeliğin içinde insanoğlunun bildiği bütün yasalar geçerliliğini kaybetmektedir.

1783 yılında İngiliz John Michell ve Fransız Pierre Simon Laplace, birbirinden bağımsız olarak, eğer bir cismin kütlesi yeterli büyüklükteyse onun gravitasyon kuvvetinin etkisiyle, ondan hiç bir şeyin, hatta hızı saniyede 300.000 kilometre olan ışığın bile kurtulup kaçamayacağını ileri sürdüler. Bu cisim ışık çıkaran bir yıldız olabilirdi ve o zaman ışık bile dışarı çıkamayacağından yıldız karanlık olacaktı. Ve uzayda bu tür karanlık cisimler bulunmalıydı.

1966'da Newton gravitasyonu bulmuştu. Büyük kütleli cisimlerin küçük cisimleri kendine doğru çektiği biliniyordu. Küçük cisimlerin büyüklerden kurtulup kaçabilmesi için onların kaçış hızlarının yeterli büyüklükte olması gerekiyordu.

Yeryüzü üzerinden fırlatılacak bir roketin hızı saniyede 11 kilometreden az olursa roket bir süre sonra Dünya'ya geri döner ve yere düşer. Hızı 11 km/saniyeden büyük olursa Dünya'nın gravitasyonundan kurtulur ve uzaya dalar. Dünya'dan çok daha büyük kütleli olan Güneş'te bu kritik hız saniyede 620 kilometre, bir nötron yıldızında ise saniyede 200.000 kilometredir.

Newton, ışığın çok hızlı giden taneciklerden meydana gelmiş olduğunu belirtmişti. Yani ışığı meydana getiren şey bir cisimdi. Her ne kadar bu taneciklerin hızları o zamanlar bilinmiyor idiyse de, onların çok hızlı yol aldıkları görülüyordu. Newton'un teorileri üzerine kurulan Michell ve Laplace'in fikirleri doğruydu. Fakat, bu iki bilim adamının düşüncesi tutmadı. Çünkü ışık hızının miktarı ve onun her yönde, her şartta değişmez olduğu henüz belli değildi. Konu 140 yıl boyunca unutuldu.

Önceleri Dünya'nın yüzeyinin düz olduğuna ve çok uzaklara gidildiğinde 'bir kenarından' aşağıya düşüleceğine inanılıyordu. Magellan ve arkadaşlarının 1520'li yıllarda gemi

ile yaptıkları Dünya turundan başarılı olarak geri dönmeleri üzerine, yeryüzünün bir küre şeklinde bükülmüş olduğu anlaşıldı. Bir küre şeklinde olan Dünya, Euclid geometrisinin öngördüğü düz bir uzayda olmalıydı. Çünkü birbirine paralel iki çizgi asla çakışmazdı.

1915 yılında Einstein, Genel Relativite Teorisini buldu. Teorinin ihtiva ettiği konulardan biri, ışığın yıldız gibi ağır cisimlerin yanından geçerken onların gravitasyon kuvvetinin etkisiyle eğilip, büküldüğü ve yolunda bir sapma yapmasıydı. Teorinin bu iddiası 1919 yılında denendi ve sonuç başarılı çıktı. Yani, ışık bile gravitasyondan etkileniyordu. O zaman, eğer gök cisminin kütlesi yeterli büyüklükteyse, yakınındaki ışık ona tamamen yapışacak ve o cisimden ileriye gidemeyecekti.

Einstein, aynı zamanda uzayla zamanı da birleştirmişti. Teorisi uzayın, içindeki madde ve enerji ile birlikte bükülmüş olduğunu belirtiyordu. Uzayın eğriliği çok büyük bir hacim içinde olduğundan yakınımızda hissedilmiyor ve uzay düz gibi görülüyordu. Einstein'ın öngördüğü eğrilik, onun henüz fark edemediği çökmüş yıldızların etrafında o kadar fazlaydı ki, böyle yerlerde uzay-zaman evrenden kopup ayrılmıştı. İngiliz Oliver Lodge bu olayı hesap etmek istedi, fakat kuantum mekaniği henüz tam olarak oturmamış bulunduğundan pek başarılı olamadı. Yine de, ışığı tutacak yeterli büyüklükteki kütlenin tarifini yaptı.

1919 yılında Alman Karl Schwarzschild, karadelikleri bilimsel olarak tanımlayan ilk insan oldu. Çok genç yaşta, bir yıldızın gravitasyonla çökmesiyle çekim alanının çok büyük olacağını ve ondan ışık dahil hiç bir şeyin kaçamayacağını ve bu duruma gelmiş yıldızın sahip olacağı yarıçapı hesapladı. Bu kritik yarıçapın altındaki yıldızların birer karadelik olmaktan kurtulamayacağını formüle etti. 1939'da Amerikalı Robert Oppenheimer, ışığın bile içinden kaçamayacağı toplam

gravitasyonel çökmenin formüllerini denedi, fakat ilk atom bombasının imalat projeleriyle meşgul bulunduğundan fazla ileri gidemedi.

1960'larda modern uzay çalışmaları başlayınca ve evrenin derinliklerinden çok güçlü gravitasyonel kuvvet kaynaklarının sinyalleri alınmaya başlanınca konu tekrar ele alındı. Uzayda bir takım karanlık ve görülemeyen cisimlerin varlığı hissedildi. Amerikalı John Wheeler 1969'da bunlara 'karadelik' ismini verdi. Wheeler, onların belirsizlikleri anlamına 'bir karadeliğin saçı yoktur' dedi. 1969'larda Yeni Zelandalı Roy Kerr, Einstein'ın formüllerini kullanarak, yıldızların çöküşlerinde de dönüşlerini koruyacaklarını, bir açısal momentuma sahip olacaklarını belirterek karadeliklere genel relativiteyi tatbik etti.

1970'lerde İngiliz Stephen Hawking ve Roger Penrose, karadeliklerin ortasında uzay-zamanın sıfır olduğu sonsuz yoğunlukta bir 'tekillik' noktasının bulunduğunu matematiksel olarak gösterdiler. Bu noktada, fizik kanunları geçerliliğini kaybediyordu. Zaman içinde bir karadeliğin enerji kaybedeceğini ispat eden Hawking, onların Büyük Patlamanın ilk zamanlarındaki çok yoğun malzemeden oluşabileceklerini ve 'Mini Karadelikler Teorisini' ileri sürdü. Evrenin en müthiş cismi olan ve sırlarla dolu bulunan karadelikler üzerindeki çalışmalar daha çok uzun bir süre alacaktır. Çünkü insanoğlu hiç bir zaman göremeyeceği, yanına bile yaklaşamayacağı bir konuya el atmış bulunmaktadır.

1960'ların sonlarında, bazı galaksilerin içlerinden çok güçlü x-ışınları alındı. Bu kadar güçlü x-ışınlarını çıkaran çökmüş gök cisimlerinin süper yoğunlukta oldukları ve civarlarındaki malze- meyi kendilerine doğru çok büyük hızlarda çektikleri anlaşıldı. Malzeme, cismin uzay-zamanda açtığı deliğe düşmeden önce onun etrafında dönerek bir disk teşkil ediyordu.

Diskin içinde ışık hızında dönen malzeme sonunda deliğe giriyor ve bu sırada büyük miktarda x-ışını çıkarıyordu.

Nötron yıldızı olmuş ve tamamen çökmüş bir yıldızın kütlesi Güneş'in kütlesinin üç katından daha büyükse, yıldızdaki nötronlar sonsuz gravitasyonun şiddetine dayanamaz ve son derece küçük bir noktaya çökerek sonsuz yoğunluğa ulaşırlar. Yeni yıldızın genişliği birkaç kilometreye iner. Bu sırada nötronu oluşturan kuarklar da birbirine yaklaşır ve Pauli prensibi onların da çökmesini önleyemez. Süpernova olarak patlayan yıldız, Güneş'in kütlesinin üç katından küçük ise bir nötron yıldızı olarak kalır. Üç katından fazla ise, nötron yıldızı olamaz ve bu kütle çökmeye devam ederek bir karadelik olur.

Sonsuz yoğunluktaki bir cismin çekim gücü de sonsuzdur. Bu durumda, o cismin etrafındaki uzay-zaman çok güçlü bir şekilde bükülerek, iç kısmını evrenden ayırır. Uzay-zamanın ortası, içine kapanır ve içindeki her şey orada kalır, dışarı evrene çıkamaz. Dışardan her şeyin içine girdiği fakat içinden hiçbir şeyin dışarı çıkamadığı bu ortadaki yer bir dipsiz kuyudur. Her şeyin içine düştüğü ve hiçbir şeyin dışına çıkamadığı bir uzay-zaman çarpıklığı olan karadelikler bir bilim-kurgu hikayesine benziyor olsa da, fizik yasaları ve deneyler onların varlığını göstermektedir. Sadece bizim galaksimizde milyonlarcası bulunmaktadır. Işık çıkarmadıklarından onlar evrenin karanlığında gizlenmişlerdir.

Bir karadeliğin içine bakılabilseydi şunlar görülecekti. Yüzeyinde mutlak keskinlikte bir kenar, onun altında bir delik ve deliğin dışında yer alan olay ufku.

Delik yüzeyinin üzerinde bulunan bir cisim yeterli güce sahip ise, deliğin çekiminden kurtulup dışarı kaçabilir. Fakat delik yüzeyinin altındaki bir seviyeye inmiş olanlar için dışarı kaçmak imkansızdır. Ne ışık, nede başka bir şey. Bunların

hangi güçle veya hızla dışarı itildikleri önemli değildir. Çünkü deliğin yüzeyinin altındaki çekim gücü sonsuzdur.

Bir karadeliğin kütlesi, başlangıçta onu doğuran ölmüş yıldızın kütlesiyle aynıdır. Cisimler deliğe düştükçe karadeliğin kütlesi artar. Karadeliği yaratan yıldız döndüğüne göre karadelik de döner. Deliğin açısal momentumu da yıldızınki kadardır. Bir karadeliğin şekli ve boyutu onun kütlesi, açısal momentumu ve elektrik yükü ile tanımlanır. Deliğe giren atomların bazıları saat ibresi yönünde, bazıları onun tersi yönde dönerek, fakat bir çoğu ise hiç dönmeden direkt olarak deliğe düşer.

Güneş'in 10 katı büyüklükte bir karadeliğin dönüş hızı çok yavaş olup, açısal momentumu sıfıra yakındır. Dönen bir deliğin olay ufku, kuzey ve güney kutuplarına sahiptir. Delik bu kutuplar arasında döner. Dönen karadeliklerin kutuplarının ortasında şişkin ekvator bulunur. Dönmeyen veya yavaş dönenlerde ise ekvator bulunmaz ve bu türler tam bir küre şeklini alırlar.

Olay ufkunun genişliği karadeliğin kütlesi ile orantılıdır. Kütle büyüdükçe olay ufku genişler. Güneş'in on katı ağırlıktaki bir karadeliğin olay ufku 185 kilometre çapında olur. Böyle bir karadeliğin kütlesi, sudan $2x10^{14}$ defa daha ağırdır. Yani, santimetre küpü 200 milyon ton gelir.

Bir karadeliğin uzaktan görünüşü, yumuşak bir sünger yatağa hızla düşen ağır bir demir güllenin açtığı çukur gibidir. Güllenin düştüğü süngerin ortasında derin bir çukur açılır, gülle dibe iner ve süngerin yüzeyi içeri bükülür. Eğer güllenin ağırlığı yeterli büyüklükte olursa, açılan çukur sonsuz derinliğe ulaşır ve en dip noktası son derece dar olur.

Karadeliğin deliği katı bir kütle değildir. Deliğin ortasında 10^{-33} santimetre genişliğinde bir tekillik olup, bu genişlik bir atom çekirdeği çapının 100 milyar kere milyarda biri kadardır.

Bu noktada zaman, uzay, madde ve enerji yok olmuştur. Tekilliğin etrafı, tekillikle olay ufku arasındaki bölge tam bir boşlukla kaplıdır. Tekillik noktası olay ufkunun arkasında gizlenmiş olduğundan asla görülemez. Olay ufku ile tekillik arasındaki kısımda, madde ve ışık bizim evrenimizden kaybolup gitmiştir.

Karadelikten uzaktaki uzayın sıcaklığı mutlak sıfırın birkaç derece üzerinde olacak şekilde, çok soğuktur. Buradaki gazlar aralarında hafif titreşimler yapar ve uzun dalga boylarında elektromanyetik radyasyon çıkarırlar. Bunlar radyo dalgalarıdır. Karadeliğe yaklaştıkça, gaz atomlarının çekimi hızlanır, atomlar heyecanlanarak birbirlerine çarpar ve içinde bulundukları gazı binlerce dereceye ısıtırlar. Isınan atomlar daha şiddetli titreşir ve daha kısa dalga boylarında radyasyon çıkarır. Bu radyasyonun ışığı kırmızı, portakal, sarı, yeşil, mavi ve mor renklerde spektrum oluşturur. Önce uzun dalga boylarında görünen ışık olan radyasyon, deliğe yaklaştıkça kızılötesine, mikrodalgaya ve radyo dalgalarına dönüşür.

Karadeliğe yaklaşan bir cisim onun gravitasyonel çekim gücü ile ortasına doğru çekilir. Önce yavaş olarak sonra büyüyen hızlarla ona yaklaşır. Deliğe daha fazla yaklaşınca, atomların aralarındaki çarpışmalar sıcaklığı milyonlarca dereceye yükseltir ve titreşimleri şiddetlenir. Bu titreşimler x-ışınları gibi çok kısa dalga boyunda ışın yayar. Ortaya çıkan x-ışınları bir cismin karadeliğe düşmekte olduğunu belirtir. Deliğe daha fazla yaklaşınca, daha çok ısınmış atomlardan çıkan gamma ışınları görülür. En içerde ise, tam bir siyah ve yuvarlak küresel kütle meydana gelir. Bu kütle artık görülemez, çünkü oradan dışarı artık bir ışık çıkamamaktadır.

Dışarıda soğuk olan atomlar içeride çok sıcaktır. Çok sıcak olan bu iç ortamdaki atomların çıkardığı radyasyon, deliğin sonsuz çekim gücünden kurtulamadığı için dışarı kaçamaz.

Karadeliğe düşmekte olan bir cismin boyu uzar, deliğe giren kısmı parçalanır. Olay ufkunu geçtikten çok kısa bir zaman diliminde deliğin ortasına gelinmiş olur.

Uzay-zaman içinde bulunan bu deliklerin, malzemeleri yutmaktan başka marifetleri de vardır. Bir karadeliğin sonsuz gravitasyon alanı, ona doğru yaklaşan cisim için, zamanı yavaşlatır. Dışarıdan bakan bir kimse karadeliğin ortasına yaklaştıkça zamanın yavaşlamakta olduğunu ve tam ortasında ise durduğunu görür. Karadelikte zaman durduğu için oraya giren bir canlı, canlı kalabilmeydi, 'sonsuza kadar' yaşamış olacaktı.

Karadeliğin etrafında civarını süpüren olay ufkuna doğru yaklaşan bir cisim, olay ufkunun içine çekilince sonsuz bir hızla deliğe girer. Fakat çok uzaklardan bakan bir kimse cismi orada asılı duruyormuş gibi görür, deliğe girdiğini asla göremez. Olay ufkuna yakalanan cisim, oradaki müthiş gravitasyon kuvvetinin etkisiyle parçalarına ayrılır ve deliğe girince cisim bir cisim olmaktan çıkar. Deliğin ortasındaki tekillik noktasında uzay-zaman sona ermiştir.

Güneş'in üç katı büyüklükteki çökmüş bir yıldızın karadelik olma süresi saniyenin 65 milyonda biri kadardır. Böyle bir karadeliğin içine girilince tekillik noktasına düşme zamanı da saniyenin 20 milyonda biridir. Karadeliklerin içindeki hız ışık hızının üzerinde olup, böyle bir hız bizim evrenimizin hızı olmaktan uzaktır. Çünkü, Einstein, evrenimizdeki en büyük hızın ışık hızı olduğunu ispat etmişti.

Dönen gök cisimlerinin evriminin son safhası olarak yaratıldıkları için evrendeki karadeliklerin çoğu dönüyor olmalıdır. Dönen bir karadeliğin etrafındaki olay ufkunun civarına 'ergosfer' adı verilir. Burası karadeliğin evrenle ilişkisinin bulunduğu bölgedir. Ergosfer alanına giren bir cismin, dönen karadeliğe düşmeden önce, alanı genişler.

Alanının genişlemesine karşılık, tuhaftır, kütlesi azalır. Bu sırada karadeliğin dönme hızında da azalma olur.

Dönen karadeliklerin ekvator bölgeleri şişkindir. Dönüş hızı arttıkça bu şişkinlik fazlalaşır. Dönmeyen karadelikler ise tam bir küre şeklindedir. Saniyede 10.000 defa dönen karadeliklerin varlığı anlaşılmaktadır. Dönen bir karadeliğin dönüş yönünde yol alan bir kimse 'geleceğe', tersi yönünde yol alan ise 'geçmişe' gitmiş olacaktır.

Kuantum mekaniği ve termodinamik yasaları tatbik edildiğinde karadeliklerin enerji kaybetmekte oldukları görülür. onların bir sıcaklıkları vardır. Karadeliğin kütlesi küçüldükçe sıcaklığı yükselir. En küçük karadeliğin sıcaklığı bile bir derecenin 10 milyonda birinden büyük olamaz. Böyle küçük boyutlardaki mini karadeliklerin evrenin ilk zamanlarında, Büyük Patlamadan hemen sonra, yoğun maddenin çarpışmasıyla oluştuğu tahmin edilmektedir. Çok sıcak ve çok yaşlı olduklarından bu tür mini karadelikler buharlaşma devresine girmişlerdir.

Bir atom ölçüsündeki mini karadelik buharlaşarak bir atom çekirdeği boyutuna gelinceye kadar büzülür. Bir milyar ton ağırlığında olan böyle küçük bir delik sonunda korkunç bir patlama ile kendini yok eder. Bir milyar tonluk kütlenin patlamasıyla ortaya çıkan enerji, hidrojen bombasının yarattığı enerjinin bir trilyon katıdır. Sonunda mini karadeliklerin hepsi, belli bir kütleye ulaşınca patlayıp yok olacaktır.

Dev karadelikler genellikle, spiral ve eliptik galaksilerin merkezlerinde bulunur. Bunlar çok büyük kütleli yıldızların son çöküşlerinden sonra meydana gelirler. Bu tip karadeliklerin kütleleri Güneş'in 10 milyon katıdır.

Bir karadelik, uzay-zamanın büküldüğü olay ufkunun içinde gizlidir. Evrenin kozmik elektrik süpürgesi olan karadelikler, civarlarını temizler ve etraftaki cisimleri hortum gibi yutar.

Malzeme yuttukça karadelik daha ağırlaşır ve olay ufku daha genişler. Olay ufkunun büyüklüğü karadelik hakkında bir göstergedir. Sıcaklığa ve entropiye sahip olan karadelikler bir tür radyasyon çıkarır.

Evrende, parçacıklar ortaya çıkar ve kaybolurlar, onlar devamlı bir hareket içindedirler. Ağır bir gök cisminin gravitasyon alanı tarafından üretilen parçacık-antiparçacık çiftleri bir karadelik yanında bulununca, çiftlerden biri deliğe düşerken diğeri dışarı kaçar. Dışarı kaçan beraberinde enerji taşır. Deliğe giren parçacık ise beraberinde negatif enerji götürür. Dışarı giden enerji yüzünden, $E=mc^2$'ye göre karadeliğin kütlesinde azalma olur. Bu nedenle, bir karadelik devamlı olarak buharlaşmakta ve daha sıcak ve daha küçük boyuta inmektedir. Buna 'Hawking radyasyonu' adı verilir. Güneş boyutundaki bir karadeliğin tamamen buharlaşıp yok olması, evrenin bugünkü yaşının 10^{56} katı olup bu, son derece uzun bir süredir.

Bir proton ölçüsü olan 10^{-13} santimetre genişliğinde fakat milyonlarca ton ağırlığında olan mini karadeliklerin sıcaklığı kütlesi ile ters orantılıdır. Karadelik küçüldükçe sıcaklığı artar ve çıkardığı radyasyon fazlalaşır. Bu yüzden küçük karadelikleri gözlemek büyük olanlardan daha kolaydır. Buharlaşan mini karadelikler sonunda korkunç bir patlama ile son bulduklarından bunların çoğunun halen buharlaşmış olduğu, diğerlerinin de kısa zaman içinde yok olacakları düşünülmektedir.

Büyük Patlamanın 10^{-20}'ci saniyesindeki çok yoğun malzemeden yaratıldıkları düşünülen mini karadeliklerin sayısı çok fazladır. Evrende her ışık yılı küplük hacim içinde 300 mini karadelik bulunduğu hesaplanmaktadır. Einstein'ın genel relativitesi ile kuantum mekaniğinin birleştirilmesi sonucu

karadeliklerin radyasyon yolu ile sonunda buharlaşıp yok olacakları bilinmektedir.

Karadeliklerin mevcudiyetleri hakkında birçok delil bulunmaktadır. Gözlenmiş birçok çift yıldız sisteminde bulunan iki yıldızdan görülemeyen ikizin çok büyük kütleye sahip bulunduğu anlaşılmaktadır. Çift yıldız sistemlerindeki görülemeyen ikizler birer karadeliktir. Ayrıca, elektromanyetik spektrumun radyodalgası bölgesine giren çok parlak radyasyon kaynakları gözlenmiştir. Böyle son derece yoğun radyasyon kaynakları ancak kuasar veya karadelikler olabilir. Samanyolu'nun merkezinden alınan son derece yoğun radyo sinyalleri ancak oradaki bir karadelikten çıkmış olabilir.

14.000 ışık yılı uzağımızda bulunan Cygnus X-1, yakınındaki sıcak mavi bir yıldızın etrafında dönmektedir. Cygnus X-1, görünen mavi ikizinden durmadan malzeme yutmakta ve emilen malzemelerin deliğe girerken çıkardığı x-ışınları Dünya'dan alınmaktadır. Hesaplar Cygnus X-1'in 100 kilometre genişliğinde ve mavi yıldızın yarısı kütlede bir karadelik olduğunu göstermektedir. 1972'de keşfedilen Cygnus X-1 tespit edilmiş ilk karadelik olmuştur.

Güneş'in bir karadelik olabilmesi için onun bütün kütlesinin 6 kilometrelik bir çapın içine sıkıştırılması gerekir. Eğer bir 'uzay devi' üzerinde yaşamakta olduğumuz Dünya'yı avuçlarının içine alarak, uzaya hiç madde dağıtmadan sıkıştırarak Dünya'nın tüm maddesini 1 cm çapında bir bilye haline getirebilmeydi, Dünya o anda bir karadelik olacak ve etrafındaki her şeyi, Güneş'i, gezegenleri bir anda yutacaktı.

Karadelik olabilmesi için her cismin gelmesi gereken, Schwarzschild yarıçapı olarak adlandırılan, bir 'kritik boyut' vardır. Dünya gezegeninin cisimleri bu boyuta sıkıştırılıp indirgendiklerinde, önce kaba madde yakınlaşır, moleküller birbirine dayanır, sonra atomları birbirine değer, daha sonra her

bir atomun elektronları çekirdeğe yaklaşır, elektronlar karşı yüklü protonlarla yapışır ve nötron haline gelir, daha fazla sıkıştırılınca nötronlar birbirine yapışır, birbirinin içine girer, en sonunda da nötronların içindeki en küçük parçacıklar olan kuarklar birbirlerine yapışarak, 12.750 kilometre çapındaki tüm Dünya maddesi, 1 cm çapında, fakat Dünya'nın şimdiki ağırlığıyla 'aynı' ağırlığa sahip bir bilye haline gelir.

Dünya şimdiki ağırlığına sahip 1 cm genişliğinde bir bilye haline getirilebilseydi, o anda korkunç yoğunluğa sahip bir karadelik olurdu. Böyle bir yoğunluğa sahip 1 cm çapındaki Dünya civarındaki her şeyi kendine doğru çeker ve uzay-zamanda açmış olduğu delikten içeri alırdı.

Yapay bir karadelik imal etmek mümkündür. Bunun için 2000 ton demir kütlesini bir santimetrenin 100 milyonda biri kadar bir hacmin içine sıkıştırmak gerekir. Bunu gerçekleştirecek enerjinin miktarı henüz düşünce kapasitemizin dışındadır.

Modern bilimin en heyecan verici ve inanılması çok güç konusu olan karadelikler korkunç ağırlıkları yüzünden uzay-zamanı eğip bükmekle kalmaz, onu yırtar ve parçalar. Nötron yıldızının bir sonraki safhası olan karadelikler, bir cismin 'en son' durağıdır. Karadelik olmamış bir cisim yaşar, büyür, ölür, fakat asla 'yok' olmaz. Sadece şekil değiştirir. Karadelik ise evrenin çıkış kapısıdır, kendisi yok olmaz, fakat diğer cisimleri içine alarak 'onları' yok eder. Karadeliklerin ilerisinde daha başka bir safha mevcut değildir.

Karadeliğe girmekte olan bir cismin çıkardığı x-ışınları onların son 'ölüm çığlığı' gibidir. Bir huni şeklindeki deliğin etrafında dönmekte olan olay ufkuna yakalanan bir cisim o girdapta bir süre döndükten sonra parçalanır ve sonsuz hızla deliğe dalar ve yok olur. Huninin ortasında bulunan tekillik

noktasında gravitasyon sonsuz, yoğunluk ise 10^{94} gram/$cm^{2'}$dir, yani o da sonsuzdur.

Genel relativite tekillik noktasında evrenin kendisinin de artık işlemediğini öngörür. Zamanın durduğu ve her şeyin anlamını kaybettiği tekillik noktasında fizik yasaları geçerliliğini kaybeder. Evrendeki dört temel kuvvetten biri olan ve cisimlerin bir arada durabilmesini sağlayan gravitasyon, tekillik noktasında 'levitasyon' halinde, yani itici bir kuvvettir. Bu durumda, karadeliğin yüzeyine kadar çekilen cisimler, tekillik noktasından sonra itilirler.

Evren sonsuz yoğunluktaki bir tekillik noktasının birden patlamasıyla başlamıştı. Bir karadeliğe giren cisim onun tekillik noktasında yok olmaktadır. Bu iki tekillik noktalarında her şey anlamını kaybetmekte ve bilim yasaları durmaktadır. Biri evrenleri 'başlatan' diğeri ise onları 'sona erdiren' tekilliklerdir. Evrenimizin en sonunda tek başına kalmış süper dev bir karadelik tarafından yutularak yok olacağı muhtemeldir. Bir karadelikten kaçış mümkün olamaz.

Bilinen en yakın karadelik 14.000 ışık yılı uzaklıktaki Cygnus X-1'dir. Dev bir karadelik ise galaksimizin merkezine yerleşmiştir. Bunlar, şu anda tehlike sınırlarının ötesinde bulunmaktadır. Karadelik arama teknikleri henüz çok yeni olduğundan, ilerde civarımızda mevcut başka karadelikler de bulunacaktır. Yakınımızda dev boyutlarda bir karadeliğin varlığı hakkında kati deliller bulunmasa da, bu durum, mini karadeliklerin olmayacağı anlamını taşımaz. Çünkü mini karadeliklerin sayısı çok fazladır ve birçoğu yakınımızda yer almış olabilir. Böyle bir mini karadelik, Güneş veya Dünya'ya rastladığı takdirde onların içine dalar, orada devamlı madde yutarak beslenir, büyür ve Dünya'yı yer bitirir.

Karadeliklerin tekillik noktasının ilerisinde, uzay-zamanın tamamıyla çarpılmış olduğu 'kurt deliği' yer alır. Kurt deliği

ince bir tüp boru şeklinde olup, bir ucu karadeliğe, diğer ucu ise başka bir evrene açılır. Tüpün bir ucundan giren kendini derhal diğer uçta bulur. Kurt deliği bizim evrenimizden görülemez. Çünkü o 'hiperuzayda' bulunmaktadır. Karadelikten kurt deliğine giren kimse evrenimizdeki zamanın gerisine gider. Çapı 10^{-33} santimetre olan bir kurt deliğinde yapılacak yolculuk 10^{-43} saniye sürer.

Evrende milyarlarca dev boyutlu karadeliğin bulunduğu kesindir. Bu karadeliklerin yuttuğu malzeme, yıldızlar, galaksiler nereye gitmektedir, karadeliğin arkasından tekrar bizim evrenimizin başka bir bölgesine mi fışkırmakta, yoksa kurt deliğinin arkasında olabilecek bir ak delikten yanımızdaki diğer bir evrene mi yollanmakta ? Bu konu ilerideki bölümlerde yer alacaktır.

Karadeliğin Arkası

Bugün bizler, bir boşluk içinde düşünülemeyecek mesafelere uzanan, geçmiş ve geleceği milyarlarca yıl ile ifade edilen bir evreni incelemekteyiz. Bir 'Büyük Patlama' ile başlayan evrenimiz, sonu bilinmeyen bir geleceğe doğru hala genişlemektedir.

Boyutları ölçülemeyecek kadar büyük olan, fakat sonsuz da olmayan, evrenimiz acaba 'şey' diyebileceğimiz o 'hiper' boşluğun içindeki tek evren midir ?

Hesaplar bunun aksini göstermektedir. Bizim gözlemlediğimiz evrenin, 'hiperuzay' diye adlandırabileceğimiz boyutsuz bir boşluğun içinde yer alan ve genişlemekte olan birçok evrenlerden sadece biri olduğu bilim adamlarınca teklif edilmektedir. İçinde köpüklü sıvı bulunan dev bir konteynere bağlantısı olan hiperuzaydaki köpüklerden her biri bir evreni temsil ediyor olmalıdır.

Köpüklerden sadece biri olan bizim evrenimiz gibi diğer 'köpük evrenlerin' de kendilerine ait yasaları bulunmalıdır. Küresel şekilli köpüklerin yüzeyindeki tabakalarda gruplar halinde yer alan ufacık noktacıkların birer galaktik kümeler olduğu ve köpüklerin genişlemesiyle birlikte bu noktaların merkezden ve birbirlerinden uzaklaştıkları ve işgal ettikleri hacımın devamlı olarak genişlediği anlaşılmaktadır.

1960'larda, içinde bulunduğumuz evrenin dışında, diğer evrenlerin de bulunduğu ve bu evrenlerin yan yana birbirlerine paralel konumda yer aldıkları fikri ileri sürüldü. Einstein'ın Genel Relativite Teorisi kapsamı içinde, evrenlerdeki karadeliklerle birbirine bağlanmış olduğu sanılan 'Paralel Evrenler Teorisinin' yerini, daha sonraki yıllarda, 'Köpük Evrenler Teorisi' aldı. Yeni teoride evrenlerin yan yana paralel şekilde değil, birbirinin içine geçmiş sayısız adette köpükler halinde bulunduğu ileri sürüldü. Her biri bir evren olan köpükleri barındıran boşluğa da 'hiperuzay' adı verildi.

Şu anda, Büyük Patlamanın 10^{-43}'cü saniyesi ile karadeliklerin tekillik noktası arasında 'sıkışıp kalmış' durumdayız. Bu iki nokta arasındaki her şeyi bugünkü yasa ve teorilerimizle izah edebilmekteyiz. Ne 10^{-43}'cü saniyenin gerisine, nede karadeliğin tekillik noktasının ilerisine gidebilmekteyiz. Çünkü bu noktaların ötesinde fizik formülleri geçerliliğini kaybetmektedir. diğer evrenlerle ilgili bulgular ise ancak bir takım matematiksel hesaplarla elde edilebilmektedir. Belli limitlerin dışına gözlemlerle ulaşmak hiç bir zaman mümkün olamayacaktır.

Hiperuzayın farklı bir bölgesindeki başka bir evrene ulaşmak ancak bir karadeliğin içinden geçmekle olabilecektir. Matematiksel denklemler, bir karadeliğin arkasında, uzay-zamanın başka bir bölgesinde yer almış son derece ince bir 'kurt deliğinin' bulunduğunu göstermektedir. Kurt deliği ince

bir tüp şeklinde, içinde başka boyutların yer aldığı bir geçittir. Kurt deliğinin diğer ucu bir ak deliğe bağlıdır. Malzemeleri içine çekip yutan karadeliğe karşılık ak delik onları dışarı fırlatır. Hesaplar, ak deliğin yanımızdaki diğer bir evrenin giriş kapısı olduğunu göstermektedir.

1920'lerde Paul Dirac, 'negatif enerjiden' bahseden ilk insandı. 1932'de pozitif yüklü elektron olan pozitronun keşfedilmesiyle Dirac'ın önceleri garip karşılanan iddiası kabul gördü. Bunun üzerine maddenin karşıtı olan antimadde ispat edildi ve negatif enerjinin varlığı anlaşıldı.

Bu duruma göre, karadelikten geçip kurt deliğine giren cisimler zamanda geriye doğru yol alırlar. Yani, karadeliğe girmiş oldukları zamanın daha öncesine giderler. Karadelik, kurt deliğinin bir kısmı ile birlikte bir 'bebek evreni' doğurur. Bu, kendine ait yasaları bulunan yeni doğmuş bir evrendir. Her evren, kendine ait bir karadelik-kurt deliği ikilisi ile yeni bir evren ortaya çıkarır. Kurt deliği ve bebek evren ancak negatif enerji şartlarında oluşabilir. Aksi halde, hemen çökecektir. Sanal zaman içinde meydana gelen bebek evrenler 10^{-33} santimetre boyunda olup, milyarlarca yıllık bir süre sonunda evrenimizin ölçüsüne gelebilirler. Böylece, evrenlerin genişlikleri, bir atom boyunun çok altından, bizim evrenimizden çok daha büyük boyutlara kadar değişir.

Bulundukları evrenlerden kopup ayrılmış, tamamen farklı bir uzay-zaman içinde yer alan karadeliklerin, arkalarındaki kurt delikleri ile birlikte yeni bir evren doğurabilmeleri ve onu büyütebilmeleri için, onların yeterli ömre sahip bulunmaları gerekir. Bazı karadelikler buharlaşarak bir süre sonra yok olurlar. Bunların bir bebek evren yaratma ihtimali zayıftır. Ortaya çıkan bebek evrenlerin bazılarında şiddetli olayların sonucunda farklı bulgular oluşabilir. Bazı fiziksel prosesler ve temel sabitler, karadeliğin bağlı bulunduğu evreninkinden farklı

şekillerde ortaya çıkar ve farklı doğa yasalarını meydana getirebilir. Aynen, canlıların DNA'larında yapılan genetik değişikliğinin, yeni nesillerde belli limitler içinde farklılıklar çıkarabileceği gibi. Yeni evrende, elektron farklı kütlede de olabilir.

Uzun yaşama başarışını gösterebilen evrenler, büyük kütleli yıldızlarının ölümü sonunda birçok karadelik üretir. Üreyen her karadelik yeni bir evreni doğurur. Bizim evrenimiz uzun yaşayan bir evrendir. Şu anda 15 milyar yaşında olup henüz 'gençlik' çağını yaşamaktadır. Bizim evrenimizde olduğu gibi, uzun yaşayan evrenlerde proton ve nötronun kütleleri birbirine hemen hemen eşit bulunur.

Diğer uzun yaşayan evrenlerin durumu ve onlardaki yasalar da bizimkine benzer olmalıdır. Böyle başarılı evrenlerdeki şartlar onların içinde de canlı yaşamını yaratacak ve zeki uygarlıkların evrimine izin verecek şekillerde olmuş olabilir. Bu durum karşısında, evrenimize canlı yaşam tohumlarının yakınımızdaki başka bir evrenden gelmiş olması imkan dışı olmayacaktır.

İçinde evrenleri barındıran hiperuzay sonsuz bir süreyi kapsar. Evrenimizin böylece, bir önceki başka bir evrenin küllerinden ortaya çıktığı, bizi oluşturan Büyük Patlamanın bir önceki evrenin çöküp ömrünü tamamlaması sonunda bir noktaya sıkışan bütün bir evren maddesinin tekrar patlamasıyla meydana gelmiş olduğu düşünülebilir. Bunları açıklığa kavuşturmak için karadeliklerin içinde nelerin olup bittiğinin bilinmesi gerekir.

Karadeliklerin varlığı kesindir. Evrenimizde bir ak deliğin izine henüz rastlanmamıştır. Bir ak delik bulunduğu takdirde bilim daha farklı bir boyut kazanacak ve evrenimize maddenin, diğer evrenlerden bize açılan ak delik yolu ile girmiş olabileceği de düşünülecektir. Bu takdirde, bir önceki evrenin

küllerinden oluştuğuna inanılan Büyük Patlama Teorisinin yanında ikinci bir alternatif teori ortaya çıkacaktır.

Genel Relativite Teorisinin kuantum mekaniği ile birleştirilmesi ile izah edilebilen karadelik-ak delik ikilisi, gelecek yüzyıllarda bulunacak yeni teorilerle yeni boyutlar kazanacaktır. Matematiksel olarak açıklanan diğer evrenlerin gözlemlerle de ispat edilmesi için insanoğlunun zamana ihtiyacı bulunmaktadır.

Evrenimizin içinde yer alan kuasar ve aktif galaksiler gibi bazı gök cisimlerinin ortaya çıkardığı enerjiler, insanoğlunun hesaplayabildiği nükleer enerjilerin çok üzerindedir. bazı gök cisimlerinin içindeki olaylar hiçbir formüle uymamaktadır. bazıları sahip bulunduğumuz fizik yasalarının çok ötesindedir. Bütün bunlar, evrenimizde varlıkları ispat edilmiş olan karadeliklerin arkasında kurt deliklerinin ve onların diğer ucuna bağlı ak deliklerin bulunması gerektiğini göstermektedir.

Hesapların varlığını gösterdiği diğer evrenlerle aramızda bir madde alış verişi olmalıdır. Zira, bizim taraftaki karadeliklere giren evren maddesinin bir yere boşalması gerekir. Madde, dönüp dolaşıp tekrar kendi evrenimize akmamaktadır. O halde başka bir evrene gidiyor ve o halde, matematiksel denklemlerin gösterdiği hiperuzay teorisi doğru, bizimkinin yanında birçok başka evren olabileceği de bir gerçektir.

--- ŞEKİL ---

- Karadelik-kurtdeliği-akdelik -

Güneş ve Ailesi

Evrendeki trilyonlarca yıldızdan biri olan Güneş ve ailesi, Samanyolu galaksisinin eteklerinde sakin bir yerde durmaktadır. 'Güneş sistemi' adı verilen bu grubun içinde bulunmaktayız. Sistemin tam ortasında Güneş yer alır. Sistemdeki her cisim onun etrafında döner. Güneş'in gravitasyon kuvvetinin etkisiyle üyelerden hiç biri ondan ayrılıp uzayın derinliklerine dalamaz. 4.6 milyar yıldan beri Güneş'in etrafında dolanan aile üyeleri, başlarına beklenmedik bir kaza gelmediği takdirde, Güneş yok olana kadar onun etrafında dönmeye devam edecektir.

Güneş sisteminin içinde Güneş'in kendisinden başka, 9 adet gezegen, 62 tane uydu, sayısız asteroit, meteor, meteorit ve kuyruklu yıldız yer almıştır. Bunlar içinde ışık çıkaran tek cisim Güneş'tir. Çünkü sadece Güneş bir yıldızdır. Güneş'in etrafında dönmelerinin yanında 9 tane gezegen kendi eksenleri etrafında da döner. İkisi dışında, bütün gezegenlerin ayları vardır. Bu aylar hem ait oldukları gezegenlerinin, hem kendi etraflarında

dönerler. Güneş sistemi, bir atomun içindeki çekirdek etrafında dönen elektronlara çok benzer.

Güneş'ten çıkan güçlü radyasyon, sistemi bir projektör gibi aydınlatır. Etrafında dönen cisimler, bilhassa gezegenler ondan gelen ışığı yansıtarak Dünya'dan görülmelerini mümkün kılar. Sistemdeki cisimlerden hiçbiri, Güneş'in dışında, ışık çıkarmaz, çünkü içlerinde herhangi bir nükleer reaksiyon yoktur.

Sistemin belirli bir kenarı yoktur. En dış bölgede dönen gezegenin çizdiği yörünge, sistemin genişliğini ifade eder. Bu durum göz önüne alındığında Güneş sisteminin genişliği 12 milyar kilometredir. Bu uzaklık, Dünya'nın Güneş'e olan mesafesinin yaklaşık 80 katıdır. Etrafında dönen cisimlerin merkezdeki Güneş'e olan uzaklıkları değişiktir. Dünya Güneş'e yaklaşık 150 milyon kilometre uzaklıktadır. 2000 km/saat hızla yol alan bir uçak bu mesafeyi ancak 8.5 yılda alabilir. Yıldızlar arası ortalama uzaklığın 8 ışık yılı, bize en yakın yıldızın 4.3 ışık yılı mesafede bulunduğu ve ışığın bir yıl içinde yaklaşık 9.5 trilyon kilometre yol aldığı düşünüldüğünde, Güneş sisteminin içindeki uzaklıklar hemen hemen bir hiçtir. Işık, Güneş'ten Dünya'ya 8 dakikada, en dışta bulunan gezegene ise 5.5 saatte ulaşır.

Güneş'i iri bir portakal büyüklüğünde düşünürsek, Dünya onun 12 metre uzağında bir toplu iğne başı, en büyük gezegen olan Jüpiter onun 61 metre uzağında bir bilye olur ve en uzaktaki en küçük gezegen olan Pluto ise 460 metre mesafede bir nokta olarak bile gözükmez. Güneş'in etrafında dönen dokuz gezegen, Güneş'e olan yakınlıkları itibariyle Merkür, Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter, Satürn, Uranüs, Neptün ve Pluto'dur. İçlerinde en büyük boyutlusu Jüpiter olup onu, Satürn, Uranüs, Neptün, Dünya, Venüs, Mars, Merkür ve Pluto takip eder.

Kütle hesabından, en ağırı Jüpiter'dir. Jüpiter'den sonra Satürn, Neptün, Uranüs, Dünya, Venüs, Mars, Merkür ve Pluto gelir. En yoğun gezegen Dünya olup onu, Merkür, Venüs, Mars, Pluto, Neptün, Jüpiter, Uranüs ve Satürn takip eder. Gezegenler içinde Güneş'in etrafındaki yörüngede en hızlı yol alanı Merkür'dür. Sonra Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter, Satürn, Uranüs, Neptün ve Pluto gelir. Yol alma hızı gezegenlerin Güneş'e olan uzaklıkları ile orantılıdır. Güneş'ten uzaklaştıkça gezegenin çizeceği yörünge büyüyeceğinden onun ilerleme hızı azalır. Gezegenlerin kendi çevrelerinde dönme hızları da değişiktir. En hızlı dönen gezegen Jüpiter olup onu sırasıyla Satürn, Uranüs, Neptün, Dünya, Mars, Pluto, Merkür, Venüs takip eder.

Bütün gezegenler Güneş'in etrafında aynı yönde döner. Yukarıdan bakıldığında bunların dönüş yönleri saat ibresinin dönüş yönünün tersidir. Gezegenlerin ayları da yine aynı yönde döner. En çok ayı olan gezegen Satürn'dür. Etrafında 19 tane uydu dönmektedir. Jüpiter'in 16, Uranüs'ün 15, Neptün'ün 8, Mars'ın 2, Dünya ve Pluto'nun birer ayı vardır. Merkür ve Venüs'ün ayları yoktur.

Güneş sistemi oluşmaya başlamadan önceki zamanlarda bazı yıldızlar evrimlerini tamamlayıp birer süpernova olarak patladılar. Bu patlamalarla etrafa gaz ve toz bulutları yayıldı. Hafif elementler olan hidrojen ve helyumun yanında, süpernovanın içinde meydana gelmiş ağır elementler de bulunuyordu. Süpernovadan çıkan nebula sıcaktı. Gravitasyon ile nebula sıkışmaya başladı, sıkıştıkça sıcaklığı yükseldi, sıcaklığı arttıkça iç bölgeleri kızılötesi radyasyon çıkardı. Merkezden çıkan radyasyon dış bölgelerdeki nebulayı soğuttu.

Sıcaklığın 2000 K'ya düşmesiyle alüminyum, kalsiyum, titanyum ve magnezyum elementleri oluştu. 1000 K'de silikon

ve oksitten metal şekillendi. Sıcaklık 180 K'ye düşünce su buharından buz oluştu ve dış bölgelerde 20 K'da metan katılaştı. Kimyasal reaksiyonlar sonunda küçük zerrecikler şekillendi. Sonra bu zerrecikler yoğun bölgelerde birleşti ve birkaç kilometre genişliğinde maddeleri oluşturdu. Bunların meydana gelmesi sadece 1000 yıl sürdü.

Gravitasyonun etkisiyle sayısız adetteki madde bir disk şeklinde toplanıp dönmeye başladı. Malzemenin çoğu daha yoğun olan diskin merkezinde top gibi toplandı. Diğerleri diskin etrafında 1000 kilometre çapında kümeler halinde yığıldı. Bu süreç 100 milyon yıl sürdü. Ortadaki maddenin büyük bir kısmını kendisinde toplayan kümenin gravitasyonel etkisiyle etraftaki yığınlar da onunla aynı düzlemde kaldılar. Önceleri dönen düz diskin dönüşünden ileri gelen açısal momentumun büyük bir kısmı merkezdeki kütledeydi. Daha sonra açısal momentumun çoğu etraftaki kütlelere geçti. Sistemdeki toplam açısal momentumun sadece %2 Güneş'te, geri kalanı ise gezegenlerde bulunmaktadır. Bu arada, bazı daha küçük boyuttaki kütleler civardaki daha büyük yığınların yanlarına çekildi. Bazı daha küçük kütleler ise hiçbirinin yanına gelmedi ve uzakta kaldı.

Diskin ortasında bulunan ve malzemenin çok büyük kısmına sahip olan küme Güneş'i oluşturdu. Onun etrafında dönenler civarlarındaki maddeyi çekerek büyüdü, büyüdükçe gravitasyonlarıyla daha fazla malzeme topladı ve gezegenleri şekillendirdiler. Bunların çekimine yakalanamayacak kadar uzaktaki kütleler ise kuyruklu yıldızları ve meteorları yaptı. Gezegenlerin çekiminden kurtulamayanlar onların etrafında dönen ayları oluşturdu. Ortadaki malzemenin çoğu Güneş'i oluşturacak merkezdeki kütle tarafından toplandığı için yakındaki gezegenler fazla madde toplayamadı ve küçük boyutlarda kaldılar. Uzaklardaki gezegenler ise Güneş'in

çekemediği malzemeyi kolayca topladı ve daha büyük boyutta gezegen oldular.

Daha sonra ortadaki büyük kütlenin içinde nükleer reaksiyonlar başladı. Reaksiyonlardan çıkan güçlü rüzgarlar civardaki gaz ve tozu uzaklara süpürdü. Rüzgarın uzaklaştıramadığı iri cisimler ise merkezin etrafında dönüşlerini devam ettirdi. Güneş sistemimizin oluşumuyla ilgili birçok teori son 200 yıldır ortaya atıldı. Teoriler arasında en tatmin edici olanı, Güneş, gezegenler ve ayların aynı anda, bundan 4.6 milyar yıl önce aynı nebuladan meydana gelmiş olduğunu öngörmektedir.

Yarım milyar yıl süren oluşum işlemi, bundan 4 milyar yıl önce sona erdi ve şimdiki durumuna ulaştı. Güneş sistemindeki dönüşlerin hep aynı yönde olması, onların oluştuğu nebulanın dönüşünden ileri gelmektedir. Gezegenler Güneş'in ekvator bölgesi düzleminde saatin tersi yönde, uydular da ait bulundukları gezegenlerinin ekvator düzleminde yine aynı yönde dönerler. Bütün bunlar, yukarıda anlatılan oluşum teorisini doğrulamaktadır.

Gezegenlerin yörünge düzlemleri, bazı küçük istisnalar dışında aynıdır. Güneş'e en yakın gezegen olan Merkür'ün yörüngesinin düzlemi, Güneş'in ekvator düzlemi ile 7 derecelik, Venüs'ünki 3.4 derecelik bir açı yapar. En dışta bulunan Pluto'nun düzlemi ise 17 derecelik sapmaya sahiptir. Diğer altı gezegenin düzlemleri hemen hemen aynıdır. Kuyruklu yıldızlar ve asteroit gibi çok küçük cisimlerin yörüngeleri ise oldukça farklı ve karışıktır. Kuyruklu yıldızların çizdikleri yörüngelerdeki sapmalar fazladır. Halley kuyruklu yıldızının yörüngesinin yaptığı açı 162 derece gibi büyük bir miktardır. Bütün bunlara karşılık yörüngeler hep sabittir ve asla değişmez. Güneş'in etrafında dönen cisimlerin çizdiği yörüngeler, yine bazı istisnaların dışında, daireye çok yakın

eliptik şekildedir. Merkür 0.206'lık eksantrikliğe sahip bir elips çizer. Bu miktar diğer gezegenlerin eliptikliğinden beş kat fazladır.

Yörüngeleri üzerinde farklı periyotlarla hareket ettiklerinden gezegenler arasındaki uzaklıklar daima değişiktir. Bu nedenle aralarındaki gravitasyon kuvveti de sabit olarak değişir. Bu değişiklikler gezegenlerin küçük de olsa salınımlarına sebep olur. Bu salınımlar büyük olsaydı Güneş sistemi bugünkü durumunu muhafaza edemez ve gezegenler birbiri ile çarpışırlardı. 1994 yılında Jüpiter'e çarpıp parçalanan Shoemaker-Levy 9 kuyruklu yıldızı, yanından geçerken onun büyük çekiminden etkilenerek 1992 yılında 21 parçaya ayrılmış, parçalar yörüngelerini değiştirmiş ve 1994 yılında Jüpiter'e çarpmıştır.

Gezegenler iki gruba ayrılır: iç gezegenler ve dış gezegenler. İç gezegenler, Güneş'e çok yakın, Dünya benzeri katı olan Merkür, Venüs, Dünya ve Mars'tır. Dış gezegenler ise, birer gaz devleri olan Güneş'ten çok uzaklardaki Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün'dür. En dışta bulunan Pluto ise en küçük gezegendir. Gaz devlerinin katı çekirdekleri koyu ve soğuk atmosferle kaplanmış olup, içlerinde metan, amonyak, helyum ve hidrojen bulunur. Bu hafif gazlar bir zamanlar iç gezegenlerde de bulunmaktaysa da sonradan uzaya dağılmışlardır. İç gezegenler daha az kütleli olduklarından, gravitasyon kuvvetleri hafif gaz moleküllerini atmosferlerinde tutmaya yeterli olamaz.

Asteroitlerin çoğu Mars ile Jüpiter arasında yer alan bir kuşakta bulunur. Milyarlarca küçük cisim bu kuşak içinde kalarak aynı yörüngede döner. Güneş sisteminin dışında bulunan bazı bulutlar kuyruklu yıldızların kaynağıdır. Buradan çıkan kuyruklu yıldızlar Güneş'in etrafından dolanarak bulutlarına geri döner. Bu bulutlardan en önemlisi 6-18 ışık-ayı

uzaklıkta bulunan ‘Oort Bulutu’dur. Bize en yakın yıldız olan Proxima Centauri’nin uzaklığının 1/3’ü mesafede bulunan Oort bulutu, kuyruklu yıldızların çoğunun toplandığı yerdir. Geniş bir alana yayılan bu buluttan çıkan kuyruklu yıldızlar Güneş’in çekim alanının içine girer, etrafında bir tur attıktan sonra tekrar geldikleri buluta dönerler.

Güneş’in etrafındaki bir yörüngede dolanan diğer bir bulut içinde enkaz malzemeler bulunur. Zaman zaman buradan ayrılan bazı küçük cisimler, 150 yıllık periyotlarla yine Güneş’in etrafında döner. Bu cisimlerin çizdiği yörüngeye ‘Kuiper Kuşağı’ adı verilir. Kuiper kuşağının Güneş’e olan uzaklığı 6-24 ışık-saati kadardır.

Galaksimizin içinde Güneş sistemine benzer başka sistemlerin bulunup bulunmadığı hep merak edilmiştir. Sadece Samanyolu’nda 200 milyar yıldız bulunduğuna göre, birçoğunun etrafında gezegenleri bulunmalıdır. Bu arada, gezegenlerin yıldızıyla birlikte nadir bir proses sonucu meydana geldikleri düşünüldüğünde çok sayıda yıldızın gezegen sistemine sahip bulunacağı şüpheli gözükmektedir. Çok yakınımızdaki herhangi bir yıldızda gezegenlerin bulunmadığı bilinmektedir. Bizimkine benzer başka bir Güneş sistemi bulunmuş olsaydı, bu takdirde, iki sistemin karşılıklı çekim kuvvetiyle aralarında bir malzeme akışı mevcut olacaktı.

6 ışık yılı uzaklıkta bulunan Barnard’s yıldızında gezegenlerin bulunduğuna dair bazı deliller elde edilmiştir. Yapılan gözlemlerde, bu yıldızın uzaydaki seyahati sırasında bir salınım hareketi yaptığı anlaşılmıştır. Barnard’s yıldızı bir kırmızı cüce olup gerisindeki bir yıldızlar kümesine doğru yol almaktadır. Salınım hareketi bu yıldızın yanında görünmeyen komşularının bulunduğunu ifade etmektedir. Bunlar, Jüpiter ölçüsünde iki tane gezegen olmalıdır. Yıldız çok hızlı ilerlemektedir. Hareket ekseni etrafında yaptığı salınımlar bir

ark-saniyenin %1'i kadar olup gözlemler, gezegenlerinden birinin onun etrafında 11.5 yılda, diğerinin 20 yılda bir dönüş yaptığını göstermektedir. Barnard's yıldızından başka, Epsilon Eridani yıldızı da benzer salınımlara sahiptir. Bu salınımların, yıldızların etrafında yer almış olan gezegenlerinin gravitasyon etkilerinden ileri geldiğine inanılmaktadır.

Gezegenlere sahip yıldızları tespit etmenin en etkili yolu, Güneş sistemini oluşturan nebulaya benzer bir sistemi gözlemektir. 1983'de IRAS yapay uydusu, Vega yıldızının civarında parlak bir toz kütlesinin radyasyonunu tespit etmişti. 0.5 ışık-günü genişliğinde olan bu şeklin kütlesi Güneş sisteminin kütlesine eşitti. Yine IRAS'ın gözlemleri 78 ışık yılı uzaklıktaki Beta Pictoris'in bir sistemi oluşturacak disk şeklinde ve 100 milyar kilometre genişliğinde bir nebula olduğunu belirtmektedir. Tauri yıldızlarının birkaç milyon yaşında çok genç yıldızlar olduğu ve Güneş sisteminkine benzer kütlelerde disklere sahip bulundukları 1990 yılında gözlenmiştir. Galaksimizde birçok yıldızın gezegenlere sahip bulunduğuna dair oldukça fazla deliller mevcuttur. Hesaplar yeni oluşmakta olan genç yıldızların 1/3'ünün Güneş benzeri sistemler olduğunu göstermektedir.

Güneş, bütünüyle görülebilecek kadar yakınımızda bulunan 'tek' yıldızdır. Büyüklük, parlaklık ve enerji üretimi bakımından evrendeki yıldızlararasında orta ölçekli bir yıldız olup, Dünya üzerindeki canlı yaşamının 'en önemli' unsurudur. Copernicus öncesi insanları için Güneş bir bilmeceydi. Eski çağlarda onun Dünya'nın etrafında dönen bir ateş topu olduğuna inanılıyordu. Bu topun 'neden' patlayıp yok olmadığı ve geceleri 'nereye' kaybolduğu hiç anlaşılamadı. Copernicus ile beraber, yerinde sabit durduğu ve Dünya'nın ise onun etrafında dönmekte olduğu belirlendi. İçindeki muazzam miktardaki enerjinin nereden ve nasıl çıktığı ise hala

bilinemiyordu. 20'ci yüzyılın başlarında nükleer fiziğin yaratılmasıyla bu durumda açıklığa kavuştu ve içinde yaşadığımız sistemin bütün özellikleri anlaşılır oldu.

Güneş tipik bir yıldızdır. Ondan 500 kat daha büyük yıldızlar olduğu gibi daha küçükleri de bulunmaktadır. Çapı 1.392.000 kilometredir. Bu, Dünya'nın çapının 109 katıdır. Hacminin içine 1.303.600 tane Dünya sığabilir. Kütlesi, Dünya'nın 330.000, en büyük gezegen olan Jüpiter'in ise yaklaşık 1000 katıdır. Güneş, etrafında dönen bütün cisimlerin toplamından yine yaklaşık 1000 kat daha büyüktür. Büyüklüğünden dolayı bir insan Güneş üzerinde 2 ton ağırlığında olur. Güneş sisteminin kütlesinin %99.90'i Güneş'te toplanmıştır.

Dünya'ya uzaklığı yaklaşık 150 milyon kilometredir. Hafif gazlardan oluşan Güneş'in yoğunluğu, Dünya'nın yoğunluğunun yaklaşık ¼'ü kadardır. Samanyolu'nun spiral kollarından biri olan Orion'un ortalarında yer alan Güneş'in ışığı bize 8.3 dakikada ulaşır. En yakınımızda, 4.28 ışık yılı mesafede bulunan Proxima Centauri'nin uzaklığı Güneş'in 250.000 katıdır. Ekseni etrafında, saat ibresinin tersi yönünde dönen Güneş, bir devrini 27 günde tamamlar. Ekvatoru üzerindeki bir noktanın dönüş hızı saniyede 2 kilometredir.

Güneş, gezegenleriyle birlikte saniyede 20 kilometrelik hızla Vega takım yıldızlarına doğru hareket etmektedir. Galaksinin dönüşüyle birlikte Güneş de, galaksi merkezi etrafında dönmektedir. Sarmal kollardan birinin içinde bulunan Güneş orada devamlı kalmaz. Burada 40 milyon yıl kadar kalan Güneş sarmal koldan çıkarak, iki kol arasındaki boşluğa girer, burada da 80 milyon yıl kaldıktan sonra bir sonraki sarmal kola dalar.

Dünya'dan bakıldığında Güneş'in bir disk şeklinde görülmesine rağmen, gaz malzemelerinden oluşmuş gövdesinin

belli bir sınırı yoktur. Çok parlak görülmesinin sebebi bize olan yakınlığındandır. Ay'dan 400.000 kat daha parlak görülür. Çıplak gözle bakıldığında gözleri kör edecek kadar parlak olan Güneş, buna rağmen, civarımızdaki en parlak yıldız olan Sirius'un parlaklığının 25'de biri kadardır.

Enerjisini hiç değişmeyen miktarlarda, üniform bir şekilde üreten Güneş iyi huylu bir yıldızdır. Enerjisi, Dünya üzeri yaşam ölçeğine göre korkunç miktardadır. Güneş'ten çıkan enerjinin sadece 2 milyarda biri Dünya'ya ulaşır. Gerisi boş uzayda dağılır. 15 dakika boyunca gelen enerjinin miktarı Dünya üzerinde depolanması mümkün olsaydı, Dünya nüfusunun birkaç yıllık bütün ihtiyacını karşılamak mümkün olabilirdi. Bütün bunlara rağmen, Güneş'in çıkardığı toplam enerji, bir süpernova patlamasının yanında bir hiçtir. İç gezegenler, daha yakınında bulunmaları yüzünden Güneş'ten daha fazla ısı ve ışık alırlar.

Çekirdeğindeki nükleer reaksiyonların oluşup oturması 3.7 milyar yılı, bugünkü parlaklık ve sıcaklığına ulaşması da son 800 milyon yılı almıştır. Bugünkü ağırlığının %60'ı hidrojen olup, önümüzdeki 1.5 milyar yıl boyunca parlaklığında herhangi bir değişim beklenmemektedir. Bundan 4.6 milyar yıl önce oluşmaya başlayan Güneş, 5 milyar yıl sonra genişleyerek bir kızıl dev, daha sonra da bir beyaz cüce haline gelecektir.

Güneş'in merkezinde, bütün hacminin binde birinden daha küçük olan çekirdek yer alır. Bütün nükleer reaksiyonlar burada gerçekleşir. Buradaki yoğunluk 160 gr/cm^3, yani su yoğunluğunun 160 katıdır. Çekirdeğin etrafında, enerjinin radyasyon haline geçtiği 'radiaktif' tabakası bulunur. Tabakanın boyutu ve yoğunluğu nedeniyle, radyasyonun bu bölgeyi geçmesi 10.000.000 yıl alır. Daha dışarıda 'konvektif' tabakası yer almıştır. Çekirdekten çıkıp gelen ısı bu bölgede akıntılar halinde yol alır. Sıcak gazlar burada dışarı atılmak için

yukarı tabakalara yollanır, soğuk gazlar ise tekrar ısıtılmak için bir alttaki tabakaya geri gönderilir.

Daha yukarıda 6000 K sıcaklığında 'fotosfer' tabakası bulunur. Bu bölge, Güneş'in görülür ışığının kaynaklandığı yerdir. Fotosferin üstünde 4300 K sıcaklığında ve 5000 kilometre kalınlığında kırmızımsı pembe görülen 'kromosfer' tabakası yer alır. En üstte de Güneş'in atmosferi olan 'korona' vardır. Korona tabakasının yoğunluğu çok düşük, fakat sıcaklığı çok yüksektir. Daha aşağılarda sıcaklığı azalan gazlar korona'da ısınır ve 1 ile 5 milyon dereceye ulaşır.

Korona'da yoğunluk düşük olduğundan gaz molekülleri burada, aşağı tabakalardakinden daha hızlı hareket eder ve sıcaklığı yükseltir. Korona tabakası ancak tam bir Güneş tutulması sırasında Dünya'dan görülebilir. Diğer zamanlarda gözlemek oldukça güç olur. Korona tabakasından çıkan proton, nötron ve elektron parçacıkları bir sel gibi uzaya yayılır. Buna 'Güneş rüzgarı' adı verilir.

Çekirdekte bulunan, 15 milyon derece sıcaklıkta, atomlar elektronlarını kaybetmiş çıplak çekirdekler halindedir. Burada üretilen radyasyon yüksek enerjili gamma ve x-ışınları şeklindedir. Çekirdekten çıkan radyasyon hemen dışarıdaki yoğun gazlar tarafından soğurulur ve tekrar bırakılır. Durmadan tekrarlanan bu işlem 8000-80.000 yıl arasında bir süre devam eder. Sonunda enerji radiaktif bölgesine gelir. Merkezden çıkan gaz yukarı doğru 600.000 kilometre yol aldığında yeterli miktarda soğur ve çıplak çekirdekler elektronlarını yakalayarak atomlar şekillenir. Radiaktif bölgesinden sonra enerji gaz kütleleri halinde yüzeye kadar çıkar. Orada soğuduktan sonra tekrar aşağılara geri döner. Aşağılarda ısınan gaz tekrar yüzeye çıkar, sonra tekrar dibe iner. Gazın fotosferdeki bu devamlı hareketi yüzeyde, uzaktan teleskopla bakıldığında, devamlı hareket eden parlak granüller halinde görülür.

Güneş'in dış tabakaları %73.5 hidrojen, %25 helyum olup, bu elementler Büyük Patlama ile birlikte şekillenmiştir. Geriye kalan miktar ağır elementlerdir. Bunların bir kısmı süpernova patlamalarından kalan, bazıları ise Güneş'in içindeki proseslerden oluşan ağır atomlardır. Bu elementlerden hiçbiri tek başına Güneş'in ağırlığının %1'ini bile teşkil etmez.

Güneş'in 10.000 kilometrelik dış tabakası 25 kilometrelik bir derinliklerde aşağı ve yukarı titreşir. Titreme süresi sadece 5'er dakikadır. Yüzeyin bu titreme hareketine iç bölgelerdeki basınç farklılıkları sebep olur. Yüzeyde Ayrıca 1000 kilometre genişliğinde ve 10.000 kilometre yüksekliğinde dik ve keskin gaz kolonları görülür. Bu gaz kolonları saniyede 15-30 kilometre hızla dışarı çıkar ve sonra tekrar kromosfere düşer. Kromosfer tabakasının üstünde yatay gaz yığınları vardır. 10-20 dakika kadar devam eden bu karanlık görünüşlü akıntılar 10.000 kilometre uzunluğunda ve 1000-2000 kilometre kalınlığındadır. Bunlar alttaki aktif fotosfer tabakasındaki olayların sonucu olarak ortaya çıkar.

Fotosfer tabakasının en önemli özelliklerinden biri üzerinde görülen lekelerdir. Bunlar karanlık görünüşlü 4000-5600 K arası sıcaklıkta olup, fotosferin 6000 K sıcaklığından daha düşük sıcaklıklara sahiptir. Güneş lekelerinin hareketlerinden Güneş farklı enlemlerde farklı dönüş hızlarına sahiptir. Ekvatorunda tam bir dönüşünü 26 günde, 30 derece enlemde 28 günde ve kutuplarının yanında 37 günde tamamlar. Lekelerin genişlikleri 1000 kilometre ile 15.000 kilometre arasında değişir. Genellikle güney ve kuzey yarı kürelerinin 45 derece enlemleri arasında çiftler halinde yer alırlar.

Lekelerin mevcudiyeti 11 yıllık devreler halindedir. Önce kuzey ve güneydeki yüksek enlemlerde birkaç tanesi görülür, sonra daha aşağılarda çoğalırlar. 15 derece enlemde en kalabalık sayıya ulaşırlar. 1645 ile 1715 yılları arasında hiçbir

leke görülmemiş olup, bu aralığa 'Maunder minimumu' adı verilir. Güneş lekelerinin görülmediği bu yıllar arasında Dünya iklimi çok soğuk geçmiş olup, küçük bir buz devri yaşanmıştır. Lekelerden birinden dışarı fırlayan bir gaz sütunu bir süre sonra yanındaki lekeye geri düşer. Her lekenin sahip olduğu manyetik alan bu gaz kütlesinin rotasını yönlendirir.

Güneş'in korona adı verilen atmosferi Güneş tutulması sırasında ilk olarak 1'ci asırda gözlendi. Güneş tutulması, Ay'ın Güneş ile Dünya arasına girmesiyle meydana gelir. Tamamen bir 'tesadüf' sonucu, Ay'ın Dünya'dan görülen genişliği, Güneş'inkiyle aynıdır. Ay Güneş'in önünden geçerken Güneş'i tam olarak kapar ve korona Ay'ın çevresinde bir çember şeklinde görülür. Güneş tutulması on yılda altı defa meydana gelir. En fazla 7 dakika 31 saniye süren tutulma esnasında gökyüzü kararır, yıldızlar ortaya çıkar, sıcaklık düşer ve korku verici bir durum oluşur.

Tutulma sırasında Güneş'in parlak yüzü Ay tarafından kapandığından, Güneş yüzeyinden fışkıran sıcak gaz sütunları kolayca görülebilir. 160.000 kilometre yüksekliğe kadar fırlayan bu gaz sütunları aylarca devam eder ve 300.000 kilometre uzaklığı süpürür. Dışarı fışkıran bu gazların hızı saniyede 200 kilometreye ulaşabilir.

Güneş lekelerinin üst kısımlarından çıkan rüzgarlar 140 milyon kilometre kadar uzaklıklara ulaşabilir. Ortaya çıkan bu rüzgarlar Güneş'in ve Dünya'nın manyetik alanlarını karıştırır. Rüzgarların içindeki elektrik yüklü parçacıklar Güneş'in manyetik alanı içinde karışık dalgalanmalara yol açarak, Dünya'nın magnetosferinin kuyruklu yıldız gibi bir şekil almasına neden olur.

Korona tabakası, fotosferden 10.000 kat daha az yoğundur. Sıcaklığı, 1 ile 5 milyon K arasında değişir. Bazı bölgelerinde karanlık delikler bulunur. Bu delikler Güneş'in manyetik alanı

zayıflayınca ve alan çizgilerinin bir kutuptan yükselip diğer kutba dönmediği zamanlarda ve sıcak maddenin bu Güneş rüzgarı ile birlikte uzaya kaçtığı durumlarda ortaya çıkar. Rüzgarların hızı saniyede 450 kilometreye kadar çıkabilir. Güneş rüzgarları ile birlikte çıkan manyetik alanın taşıdığı yüklü parçacıklar Dünya atmosferine girdiğinde, rengarenk 'aurorae' veya kutup ışıkları meydana gelir. Elektron ve protonlardan oluşan yüklü parçacık akımı Dünya atmosferindeki atom ve moleküllerle etkileşince ve 100 kilometre yukarılarda oluşan 'kutup ışıkları' genellikle Güneş'in aktif olduğu zamanlarda meydana gelir.

Güneş'in çekirdeği nükleer bir sobadır. Burada bulunan atomların elektron kabukları üst tabakaların baskısı altında parçalanıp dağılmıştır. Atom çekirdekleri çıplak durumdadır. çıplak durumdaki çekirdekler birbirine yaklaşır, çarpışır ve protonların yapışmasından nükleer reaksiyon, yani bir 'füsyon' olayı meydana gelir. Bu çarpışmalar da sıcaklığı 15 milyon dereceye yükseltir. Protonlar çarpışıp yapışma sonucu elektrik yüklerini kaybederek nötronları oluşturur. Daha sonra iki protonla iki nötron birleşerek helyum çekirdeğini şekillendirir. Füsyon reaksiyonu sonucunda hidrojen yanarak helyuma dönüşür. Helyum hidrojenden daha ağır olduğundan, füsyon devam ettikçe Güneş'in sıcaklığı artar. Her bir saniye içinde 564.000.000 ton hidrojen yanarak 560.000.000 ton helyuma dönüşür. Aradaki 4.000.000 tonluk kütle farkı, $E=mc^2$'ye göre, enerji haline gelir. Bu enerji de Güneş'in ısı ve ışığını oluşturur ve uzaya yayılır.

Saniyede 4 milyon ton madde kaybeden Güneş'in kütlesinin gittikçe azalmasına karşılık sıcaklığı yükselmektedir. Güneş birkaç milyar yıl önce bugünkünden %30 daha az parlamaktaydı. Sıcaklığı ve parlaklığı devamlı artan Güneş'in içindeki hidrojen 5 milyar yıl sonra yanıp tükenmiş olacaktır.

Ondan sonra, helyumun yanması başlayacak ve Güneş bir kızıl dev olacaktır. Daha sonra da yaşamını bir beyaz cüce olarak devam ettirecektir. Güneş'in bugünkü sakin durumunu 5 milyar yıl boyunca devam ettirecek yakıtı içinde mevcut bulunmaktır. 5 milyar yıl sonra içindeki hidrojenin tükenmesiyle bizler için her şey 'sona erecek' ve Dünya üzerinde yaşam imkanı ortadan kalkacaktır. Yani, daha önce başka taraftan bir bela gelmediği takdirde sonumuz Güneş'ten olacaktır.

Bir kızıl dev haline gelen Güneş genişleyecek, çapı 300 milyon kilometreyi aşarak gezegenlerin bir kısmını içine alacaktır. Yakındaki küçük gezegenler aşırı sıcaklıktan eriyip buhar olacak, uzaktakiler ise dönmeye devam edecektir. En sonunda Güneş, orta büyüklükte bir beyaz cüce olarak yaşamını yüzlerce milyar yıl sürdürecektir. Güneş bir nötron yıldızı veya bir karadelik olamayacak kadar küçüktür.

İç ve dış gezegenler, Mars ve Jüpiter'in arasında yer alan büyük asteroit kuşağı tarafından bölünür. Bütün gezegenler, Güneş'in ekvator düzleminde yerleşerek geniş bir disk görünümü teşkil eder. İç gezegenler oldukça küçük fakat yüksek yoğunluklarda, dış gezegenler ise çok büyük ve düşük yoğunluklardadır. İç gezegenler sert kayalardan yapılmış birer top gibidir. Dıştakiler ise bunlardan oldukça farklı olup, merkezlerinde kayadan yapılmış küçük çekirdek, onun etrafında da genellikle hidrojen ve helyum gazından oluşmuş büyük bir kütle bulunur. Dış gezegenlerin üzerine bir uzay aracının konmasına uygun katı yüzey yoktur. Dış gezegenlerin aralarındaki mesafeler, içtekilere göre çok daha fazladır.

Venüs'ün dışındaki bütün gezegenler yörüngelerindeki dönüşleri sırasında, ayrıca, kendi eksenleri etrafında Güneş'in dönüş yönünde de dönerler. Sadece Venüs ters yönde, oldukça yavaş bir hızda döner.

Merkür, Güneş'e en yakın ve iç gezegenlerin en küçüğüdür. Güneş etrafındaki bir dönüşü 88 Dünya-günü sürer. Güneş'e en yakın konumda 46, en uzak konumda 70 milyon kilometre uzaklıktadır. Kendi ekseni etrafında oldukça yavaş dönüp, bir dönüşü 58.65 Dünya-günü sürer. Kendi çevresindeki bir dönüşünde, Güneş etrafındaki tam bir dönüşünün üçte ikisini tamamlamış olur. Böylece Merkür'deki iki gün ortası süre 176 Dünya-günü yapar ve Merkür'ün bir günü, bir yılının iki katı olur. Dünya'dan her iki ayda bir defa, ya Güneş'in batışından biraz sonra veya doğusundan biraz önce görülebilir.

Çapı 4878 kilometre, yoğunluğu suyum 5.43 katı, kütlesi Dünya'nın 0.0553 katı, yörüngesi üzerindeki hızı 47.90 km/saniye ve eksen eğikliği de 2 derecedir. Yüzeyinin sıcaklığı, Güneş'e olan uzaklığına bağlı olarak, 285 ile 430 derece arasında değişir. Geceleri ise sıcaklık -175 derecedir. Gece, gündüz arasındaki bu büyük sıcaklık farkının sebebi Merkür'ün atmosferinin bulunmaması ve keza bir Merkür gününün 176 Dünya-günü sürmesidir.

İlk olarak 1965 yılında radar sinyalleri gönderilerek incelenmeye başlayan Merkür'ün, 1974 ve 1975 yıllarında Mariner-10 uzay aracı ile haritası çıkarıldı. Yüzeyi kraterlerle kaplıdır. En büyük krateri 625 kilometre genişliğindedir. Yakınlığı yüzünden, Dünya'ya göre 4.7 kat daha fazla Güneş ışığı alır. Merkür yüzeyindeki kaçış hızı Dünya'dakinden 2.6 defa daha küçüktür. Çekirdeği demir-nikel karışımı olup 3600 kilometre kalınlığındadır. Çekirdeğinin dışında 600 kilometre kalınlığında olan manto tabakası kayalardan yapılmıştır. En üstte 66 kilometre kalınlığında kabuk tabakası yer almıştır.

Dünya'dakinin %1'i gücünde olan bir manyetik alana sahiptir. Manyetik kutupları eksen kutuplarının 11 derece uzağındadır. Bir atmosferi bulunmadığından devamlı şekilde gök taşlarının bombardımanına uğrayan, Güneş'ten gelen

tehlikeli morötesi ve x-ışınlarının altında bulunan ve yüzeyindeki volkanik faaliyetler yüzünden, Merkür sistemin 'en yaşanmaz' gezegenlerinden biridir.

Venüs, Güneş'e ikinci uzaklıkta olan küçük bir gezegendir. Dünya'dan Güneş'in doğusunda veya batışında görüldüğü için 'sabah yıldızı' veya 'akşam yıldızı' olarak da bilinir. Yoğun bir atmosferi bulunduğundan, Ay'dan sonra gökyüzündeki en parlak cisim olarak görülür. Ay ve bazı gök taşlarının dışında Dünya'ya en yakın konumda olan gök cismidir. Güneş'e uzaklığı 108 milyon kilometre olup, yörüngesi hemen hemen tam bir dairedir. Güneş etrafındaki bir dönüşü 225 Dünya-günü sürer. Sistem içinde kendi ekseni etrafında ters yönde dönen tek gezegendir. Bunun sebebi, Dünya'ya yakınlığı nedeniyle Dünya'nın uyguladığı gravitasyon kuvveti olup, bir dönüşünü 243 günde tamamlar. Bu durum, bir Venüs gününün bir Venüs yılından daha uzun sürmesine neden olur.

Çapı 12.102 kilometre, kütlesi Dünya'nın 0.815 katı, yoğunluğu suyun 5.25 katı, yörüngesindeki ilerleme hızı 35 km/saniye olan Venüs'ün ekvator düzlemi 177 derece eğiktir. Yoğun ve sıcak bir atmosferi bulunan gezegenin yüzey sıcaklığı bütün yıl boyunca 475 derecedir. Yoğun atmosferi, Güneş radyasyonunu içerde saklı tutarak gezegenin yüzeyinin sıcaklığını yükseltir ve sabit tutar. Isı atmosferin altında kaldığından gezegen geceleri de aynı sıcaklıktadır. Güneş sisteminin 'en sıcak' gezegenidir. Dünya'dakinden 90 kat daha fazla basınca sahip atmosferi karbon dioksit, sülfürik asit, azot gibi gazları ihtiva eder. Gezegenin yüzeyine devamlı sülfürik asit yağmuru düşer.

Boyut, kütle ve yoğunluk bakımından sanki Dünya'nın bir ikizidir. Nikel ve demirden oluşan çekirdeğinin üstünde, Dünya ile aynı kalınlıkta kayalardan meydana gelmiş manto tabakası ve en üstte de 60 kilometre kalınlığında kabuk tabakası yer alır.

Yoğun atmosferi yüzünden gezegenin yüzeyini teleskopla görmek mümkün olamaz. 1960'lardan beri gezegene birçok uzay aracı gönderilmiştir. 1961'de Venera-1, 1974'de Mariner-10, 1979'da Pioneer, 1983 ve 1984'de Vega'lar, 1990'da Magellan uzay araçları gezegeni detaylı şekilde incelenmiştir. Doğudan batıya esen güçlü ve hızlı rüzgarlar mevcuttur. Rüzgarların hızı saatte 360 kilometreye erişir.

Gezegenin yüzeyinin büyük bir kısmı düzlüktür. Geri kalan kısımlarda kraterler ve dağlar yer alır. En yüksek yeri 12 kilometrelik Maxwell dağları, en düşük yeri ise 3 kilometre derinliginde ve 1000 kilometre uzunluğundaki vadilerdir. Kraterlerin genişliği 65 kilometreye kadar çıkmaktadır. Yüzeyindeki uzun ve derin kanalların volkanik faaliyetler ve geniş kraterlerin ise meteorlar tarafından açılmış olabileceği düşünülmektedir.

Mars, toprağında bulunan demir oksit yüzünden kırmızı renkli bir gezegendir. Özellikleri Dünya'ya en benzer olanıdır. Beyaz kutupları olan bu 'kırmızı gezegen' insanoğlunun tarih boyunca dikkatini çekmiş, üzerinde bir yaşamın bulunduğuna inanılmıştır. Çapı 6786 kilometre, kütlesi Dünya'nın 0.107 katı, yoğunluğu suyun 3.95 katı, yörüngesi üzerindeki hızı 24.13 km/saniyedir. Ekvator düzleminin eğikliği 25.19 derece olan Mars Güneş'in etrafındaki bir tam dönüşünü 687 Dünya-gününde tamamlar. Kendi ekseni etrafındaki tam bir dönüşünü de 24.62 saatte tamamlar. Yani bir Mars günü, Dünya gününden 37 dakika daha uzundur.

Dünya'nın 1/10'u ağırlıkta olan Mars'ın eksen eğikliği Dünya'nınkine çok yakındır. Bu yüzden Güneş ışığı gezegenin kuzey ve güney yarım kürelerine yılın farklı zamanlarında vurarak Dünya'daki gibi değişik mevsimlere neden olur. Daha eliptik bir yörüngeye sahip olması ve Güneş'e daha uzak bulunması, yaz ve kışları arasındaki sıcaklık farklılıklarını artırır.

Güneş'e olan uzaklığı 206 ile 249 milyon kilometre arasında değişir. Dünya'ya olan uzaklığı ise 50 ile 100 milyon kilometre arasında olup, her 17 yılda bir en yakın konuma gelir. Merkezinde 3000 kilometre çapında demirden yapılmış bir çekirdek, onun üzerinde 1800 kilometre kalınlığında manto tabakası, en üstte de 100 kilometre kalınlığında kabuk yer alır. İçinde karbondioksit, azot ve argon gazlarının bulunduğu ince bir atmosferi vardır.

Atmosferinin yoğunluğu Dünya'dakinin %1'i kadardır. Yüzey sıcaklığı 10 derece ile -133 derece arasında değişir. Gezegende denizler bulunmadığından sıcaklık farkı, hızları 90 metre/saniyeye ulaşan güçlü rüzgarları yaratır. Bu rüzgarlar yüzeydeki toz zerrecikleri süpürerek atmosferine karıştırır. Atmosferde aylarca kalabilen ince tozlar, yılda iki defa, çok şiddetli rüzgarların etkisiyle, gezegeni uzaktan görünmez hale getirir.

Çok sayıda aktif olmayan volkanlar, meteorlardan oluşmuş kraterler ve uzun kanallar yüzeyinde yer almıştır. Kuzey ve güney kutuplarında buz, kar ve donmuş karbondioksitten oluşan birer başlık bulunur. Şu anda bir suyun bulunmadığı anlaşılmış olmasına rağmen, geçmişte gezegen üzerinde iki kutup arasında büyük su akıntılarının olduğu sanılmaktadır. Ekvator bölgesindeki Valles Marineris vadisi 5000 kilometre uzunluğunda ve 7 kilometre derinliğindedir. Bunun dışında 1000 kilometre uzunluğunda birçok kanal daha vardır. Bu kanalların, suların erozyonu ile açılmış olduğu sanılmaktadır. Volkanların oluşturduğu Olympus dağı ise 600 kilometre genişliğinde ve 24 kilometre yüksekliğindedir. Mars'taki vadi ve dağlar, Güneş sistemindeki 'en derin' ve 'en yüksek' noktaları oluşturur.

Uzun süre, Mars üzerindeki kanalların bir zamanlar orada yaşayan canlılar tarafından açılmış olduğuna inanıldı. 1971'de

gönderilen Mariner-9 uzay aracı gezegenin yüzeyini 100 metre genişliğine kadar tarayarak inceledi. Daha sonra gönderilen Viking araçları gezegene konarak yüzey malzemesinin analizini yaptı. Sonunda gezegende sıvı bir suyun bulunmadığı ve mikroskobik boyutta bile olsa herhangi bir yaşamın mevcut olmadığı anlaşıldı. Bilim kurgu kitaplarına malzeme olan Mars'ta, bir zamanlar canlıların yaşadığı ve şu anda da gezegen yüzeyinin altında bulundukları iddia edilmiştir. Hiçbir bilimsel dayanağı olmayan bu iddialar doğru değildir. Aksine, Mars'ta bir canlı yaşamına uygun olmayan şartlar bulunmaktadır.

Jüpiter, Güneş'ten beşinci, Mars'ın ilerisinde bulunan asteroit kuşağından sonra birinci gezegendir. Gezegenlerin 'Babası'dır. Dev gezegenlerden Güneş'e en yakın olanıdır. İç gezegenlerin Güneş'e olan ve aralarındaki uzaklıklara göre Jüpiter ve diğer gaz devleri çok uzak mesafelerde dağılmışlardır. Güneş'ten çok uzaklarda yer aldıklarından uzayın dondurucu soğuk bölgesinde bulunurlar. Jüpiter'in Güneş'e uzaklığı 778.300.000 kilometre, yani Dünya'nın uzaklığının beş katından fazladır. Gezegenin çapı yaklaşık 143.000 kilometre, kütlesi Dünya'nın yaklaşık 318 katı, yoğunluğu suyun 1.33 katı, yörüngesindeki ilerleme hızı 13 km/saniyedir. Ekvator düzleminin eğikliği ise 3.12 derecedir. Kendi ekseni etrafındaki tam bir dönüşünü 9.84 saatte, Güneş etrafındaki tam dönüşünü de 11.86 dünya-yılında tamamlar.

Jüpiter'in kütlesi, Güneş'in binde biri olmasına karşılık diğer sekiz gezegenin kütlelerinin toplamının iki katıdır. Jüpiter yapı olarak Güneş'e çok benzer. Fakat bir yıldız olamamıştır. Şimdiki kütlesinin bir katı fazla kütle toplayabilseydi, kütlesinin gravitasyon baskısı çekirdeğinde bir nükleer reaksiyonu başlatarak bir yıldız olabilecekti. Merkezinde, katı kayalardan oluşmuş 30.000 kilometre çapında bir çekirdek, onun etrafında da 30.000 kilometre kalınlığında metalik

hidrojen, daha yukarıda 25.000 kilometre kalınlığında sıvı hidrojen, en dışta da 1000 kilometre kalınlığında hidrojen gazı bulunur. Yapısı, hidrojen ve helyum elementlerinden oluşur. Çoğunluğu gazlardan meydana geldiğinden yoğunluğu çok düşüktür. Çekirdeğindeki sıcaklık 20.000-30.000 derece arasındadır. Bu bölgedeki basınç 450 milyon km/cm^2 gibi çok büyük bir miktardır.

Ekseni etrafında çok büyük bir hızla dönmektedir. Bu hızlı dönüşünden dolayı ekvator bölgesi şişkin, kutuplar basık görülür. Merkezindeki büyük sıcaklık, içindeki hidrojen atomlarının elektronlarını yörüngelerinden ayırarak atomları iyon, elektrik yüklü parçacıklar haline getirir. Bu iyonlaşmış parçacıkların çekirdek etrafında dönüşleriyle çok güçlü manyetik alan oluşur. Manyetik alanı Dünya'dakinden 4000 kat daha fazladır.

Gezegen büyük miktarda enerji çıkarır, bu enerji Güneş'ten aldığının iki katıdır. Enerjisi merkezindeki yüksek sıcaklıklardan kaynaklanır. Bu enerji yüzeyindeki atmosferde kütlesel hareketler oluşturur. Dışardan bakıldığında yüzeyinde yer değiştiren karanlık kuşaklar ve aydınlık bölgeler kolayca görülebilir. Güney yarı küresinde yer alan ve 'Great Red Spot' adı verilen kırmızı renkli bir leke vardır. 26.200 kilometre uzunluğunda ve 13.800 kilometre genişliğinde oval şekilli olan bu leke bir girdap gibi 6 günde bir dönüş yapar. 340 yıldır yerinde görülen bu leke, Dünya'yı içine alabilecek büyüklüktedir. Sebebi tam olarak anlaşılamayan bu siklon şeklindeki oval lekenin nedeninin atmosferindeki güçlü rüzgarların farklı katmanlarda meydana getirdiği hareketlerden oluştuğu sanılmaktadır.

Jüpiter'in yüzey sıcaklığı 7 derecedir. Yüzeyinin 30 kilometre yukarısında sıcaklık -73 dereceye düşer. 65 kilometre yukarıda ise -133 derecedir. Çok ince bile olsa Jüpiter halkalara

sahiptir. En dıştaki halkası bulutlu yüzeyinin 50.000 kilometre ilerisine kadar uzar. 1979 yılında gezegenin 28.4 milyon kilometre yakınından geçen Voyager-1 ve 2 uzay araçları ile Jüpiter ve aylarının detaylı incelenmesi yapılmıştır.

Satürn, bütün gezegenler içinde 'en güzel' görünüşlü olanıdır. Güneş'ten itibaren altıncı sırada olan bu dev gezegenin çevresinde renkli halkalar vardır. İkinci en büyük gezegendir. Çapı 120.536 kilometre, kütlesi Dünya'nın 95.18 katı, yoğunluğu suyun 0.69 katı, yörüngesindeki hızı 9.64 km/saniye ve eksen eğikliği 26.73 derecedir. Kendi ekseni etrafındaki tam bir dönüşünü 10.23 saatte tamamlar. Güneş'e olan ortalama uzaklığı 1.427.000.000 kilometre olup, bir dönüşünü yaklaşık 30 dünya-yılında yapar. Yüzey sıcaklığı -180 derecedir.

Merkezinde 25.000 kilometre çapında kaya çekirdek olup buradaki sıcaklık 14.000 derecedir. Çekirdeğin üzerinde 11.460 kilometre kalınlığında metalik hidrojen, onun üzerinde 4200 kilometre kalınlığında helyum tabakası, daha yukarıda 29.000 kilometre kalınlığında hidrojen ve helyum karışımından meydana gelen tabaka, en üstte de atmosferi bulunur. Jüpiter gibi, hızlı dönüşü yüzünden kutupları basık, ekvator bölgesi şişkindir. kutupları en basık olan gezegendir. Yüzeyi birbirine karışmış bulutlarla dolu olup, bulutları çok hızlı bir hareket içindedir. Kuzeyinde, bulutların meydana getirdiği Jüpiter'inkine benzeyen oval şekilli kırmızı bir leke bulunur. 6000 kilometre uzunluğundaki bu en büyük lekenin dışında birçok başka lekeler de yer alır. Gezegen üzerindeki rüzgarlar saniyede 480 kilometrelik hızlara ulaşır.

Yüzeyine yakın bulunan bulutların üzerinde 30 kilometre kalınlığında bir atmosfer yer alır. Atmosferi genellikle amonyak moleküllerinden oluşur. Merkezindeki büyük sıcaklık gezegenden bir radyasyon yayılmasına neden olur. Çıkardığı

radyasyon, Güneş'ten aldığının yaklaşık iki katı kadardır. Merkezde bulunan metalik hidrojen bir manyetik alan yaratır ve manyetik alan Güneş'in aksi yönde 1.5 milyon kilometreye kadar uzar.

Çevresinde, gezegen yüzeyinin 7000 kilometre uzaklığından başlayarak 74.000 kilometreye yayılan 'halka sistemi' yer alır. Bu aralıkta bulunan halkalarının sayısı 10.000'in üzerindedir. Halkalar çok ince olup, en kalın yeri 1000 metredir. Halka sistemi hala bir sır olarak durmaktadır. Bunların oluşumunu açıklayan teorilerden birine göre, Satürn'ün gravitasyon kuvvetiyle parçalarına ayrılan yakındaki bir uydudan meydana gelmişlerdir. Diğer teoriye göre ise, halkalar gezegenin şekillenmesi sırasında bir araya gelip bir uydu meydana getiremeyen parçaların Satürn'ün çekim alanına girmesiyle oluşmuştur. İkinci teori gerçeğe daha yakın görülmektedir. Halkaların inceliği ve her iki gezegenin yörüngelerindeki konumdan dolayı, her 15 yılda bir halkalar Dünya'dan görülemez olur. 1980 yılında Voyager uzay aracı ile yapılan incelemede, halkaların içindeki parçaların boyları 1 santimetreden birkaç metreye kadar değişen, buzlu katı parçalar olduğu anlaşılmıştır.

Satürn'ün halkalarını ilk gören insan Galileo oldu. 1609 yılında, kendi imal ettiği ilkel bir teleskopla bunu gerçekleştirmişti. Daha sonra onları 1655'de Huygens inceledi. Halkaların detaylı incelenmesi 1856'da James Clerk Maxwell tarafından yapıldı. Maxwell Halkaların, gezegenin gravitasyon kuvveti ile parçalanmış ufak katı parçacıklardan oluştuğunu ileri sürmüştü. Bu ilk ve en doğru açıklamaydı.

Halkaların 67.000 kilometre genişliğine karşılık 1 kilometre gibi son derece ince olmasının sebebi, yine çevrede dönen bazı küçük uyduların uyguladığı gravitasyon ile onları yassı bir

şekilde bir arada tutmasından ileri gelmektedir. Halkaların yüzeyinde, 10.000 kilometre uzunluğunda ve 2000 kilometre genişliğinde karanlık gölgeler görülür. Gölgeler de halkalarla birlikte gezegenin etrafında döner. Uzun bir süre sır olarak kalan, devamlı ortaya çıkan sonra kaybolan bu gölgelerin, son yıllarda, Satürn'ün manyetik alanının etkilediği parçacıklardan oluştuğu anlaşılmıştır.

Uranüs, Güneş'ten yedinci, gezegenler içinde de dördüncü en büyük olanıdır. 1781 yılında Herschel tarafından keşfedildi. Çapı 51.118 kilometre, kütlesi Dünya'nın 14.53 katı, yoğunluğu suyun 1.29 katı, yörüngesindeki ilerleme hızı 6.81 km/saniye olup ekvator düzleminin eğikliği 97.86 derecedir. Güneş'e olan uzaklığı 2.870.990.000 kilometredir. Bu uzaklık Dünya'nın Güneş'e olan mesafesinin yaklaşık 20 katıdır. Güneş etrafındaki bir dönüşü 84 dünya-yılından uzun sürer. Kendi çevresini ise 17.9 saatte döner. Eksenindeki aşırı eğiklik yüzünden Uranüs kutuplarındaki bir gün 42 yıl sürer. Bu sürenin sonunda, kutuplarda 42 yıl olacak bir gece başlar.

Merkezinde 14.500 kilometre çapında bir çekirdek olup, kayaları ihtiva eder. Çekirdeğin üstünde 10.000 kilometre kalınlığında buz, amonyak ve metan içeren manto tabakası, daha yukarıda 9000 kilometre kalınlığında hidrojen, helyum ve metandan yapılmış atmosferi yer alır. Diğer dev gezegenlerden farkı merkezdeki sıcaklığının 7000 derece olmasıdır. Bu sıcaklıkla, Güneş'ten aldığı kadar bir enerji yayar. Kendi etrafındaki dönüş hızı Jüpiter ve Satürn'den daha yavaştır. Eksenindeki eğiklikle yörüngesindeki eğiklik birbirine çok yakın bulunduğundan, kuzey kutbu yörünge düzleminin altında kalır. Bu yüzden gezegen, diğerlerine göre geri yönde dönüyormuş gibi görülür. Bu durumun, Uranüs'ün ilk zamanlarında başka büyük bir cisimle çarpışması sonucu meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir.

Merkezinde sıvı hidrojenin bulunmamasına rağmen bir manyetik alan üretir. Manyetik alan manto tabakasından kaynaklanır. Manyetik alanı gezegenin dönüş ekseni ile 60 derecelik bir açı oluşturur. Bu, Güneş sistemindeki 'en eğik' manyetik alandır. Gezegenin dışında bulunan bulut tabakası onun tersi yönde fakat ondan daha büyük hızda döner. Atmosferinde bulunan büyük miktardaki metan gazı Uranüs'ün mavimsi renkte görülmesini sağlar.

1977'de fırlatılan Voyager uzay aracı, 8.5 yıl sonra Uranüs'ün 81.500 kilometre yakınından saatte 72.400 kilometrelik bir hızla geçerek detaylı bilgiler göndermiştir. Güneş'ten aldığı ışık, Dünya'ya gelen miktarın 400'de biri olduğundan, gözlenmesi oldukça güç olmaktadır. Çevresinde, Satürn gibi halka sistemine sahiptir. Halkaları, gezegenin merkezinden itibaren 42.000'ci kilometreden başlayarak 10.000 kilometre genişliğe yayılmıştır. Bu aralıkta en az dokuz halka bulunur. Son derece ince ve siyah renkli olan halkaların çoğu 10 kilometre genişliğindedir. Halkaların üçü dairesel şekilde olup, diğerleri eliptiktir. Halkaları oluşturan parçalar, milimetrenin binde biri ile bir metre genişlikleri arasında değişir.

Neptün, gaz devlerinin sonuncusu ve 'en az' tanınanıdır. Bu gezegenin mevcudiyeti, keşfedilmesinden önce anlaşılmıştır. 1845'de, 24 yaşındaki İngiliz John Couch Adams ve 1846'da Fransız Urbain Jean Joseph Leverrier, birbirlerinden bağımsız olarak, Uranüs'ün yörüngesindeki hareketinde hesap ettikleri düzensizliklerden, onun ilerisinde bir gezegenin bulunması gerektiğini ileri sürdüler. Daha sonra gezegen, Adams ve Leverrier'in öngördükleri noktanın 1 derecelik açısı içinde keşfedildi. Newton'un evrensel gravitasyon yasaları yardımıyla Neptün'ün yerini matematiksel olarak hesaplayan Adams'ın

buluşu yaşının küçüklüğü yüzünden bilimsel çevrelerce ciddiye alınmamıştı.

Neptün'ün çapı 49.528 kilometre, kütlesi Dünya'nın 17.13 katı, yoğunluğu suyun 1.64 katı, eksen eğikliği 29.6 derecedir. Yörüngesi üzerindeki hızı saniyede 5.43 kilometredir. Kendi çevresindeki tam bir dönüşü 19.2 saatte tamamlar. Güneş'e olan uzaklığı 4.497.070.000 kilometre olup, yörüngesindeki bir dönüşünü 164.79 dünya-yılında tamamlar.

Merkezinde kayalardan oluşmuş bir çekirdek, onun yukarısında su, amonyak ve metan iyonize moleküllerinden meydana gelmiş manto tabakası, en üstte de hidrojen, helyum ve metandan oluşan bir atmosfer yer alır. Merkezinden Çıkardığı enerji, Güneş'ten aldığının 2.8 katıdır. Manyetik alanı diğer dev gezegenlerinkinden daha az miktardadır.

Çok soğuk bir gezegen olup, yüzeyinin sıcaklığı -200 derecedir. Diğer gaz devleri gibi çevresinde halka sistemi mevcuttur. Biri oldukça ince olmak üzere dört tane halka düzensiz bir şekilde ince tozlardan oluşur. Yüzeyinde saatte 1000 kilometre hıza erişen güçlü rüzgarlar esmektedir. Rüzgarlar gezegenin üzerindeki bulutları karıştırarak yüzeyini mavi gösterir. 14.000 kilometre uzunluğunda ve 6667 kilometre genişliğinde bir büyük lekenin dışında daha ufak boyutlarda başka lekeler de görülür. 1989'da gezegene ulaşan Voyager-2 aracı gezegene ait detaylı bilgiler yollamıştır.

Pluto, gezegenlerin içinde en dışta, 'en küçük' ve aynı zamanda hakkında en az bilgi sahibi olanıdır. En güçlü teleskoplarla bile zor görülür. Uranüs ve Neptün'ün yörüngelerindeki düzensizlikleri hesap eden Percival Lowell ve William Pickering'in 1905'de orada bir gezegenin bulunması gerektiğini söylemeleri üzerine yapılan uzun araştırmalar sonunda, Pluto 1930'da Clyde Tombaugh tarafından keşfedilmiştir.

Çapı 2300 kilometre, kütlesi Dünya'nın 0.0022 katı, yoğunluğu suyun 2.03 katı, yörüngesi üzerindeki hızı saniyede 4.74 kilometre ve ekvator düzleminin eğikliği 122.46 derecedir. Güneş'e olan uzaklığı 5.913.520.000 kilometre olan Pluto yörüngesindeki tam bir dönüşünü 248.54 dünya-yılında tamamlar. Kendi ekseni etrafındaki bir dönüşü ise 6.38 gün sürer. Yörüngesi son derece eliptik olup, en yakın konumda gezegen, Neptün'ün yörüngesinin içine dalar. Yörüngelerindeki farklılık nedeniyle, 1977-1999 yılları arasında Neptün 'en dış' gezegen konumunda idi. Çizdikleri yörüngeler karşılaşmadığından iki gezegen çarpışmaz. Yörünge düzlemindeki eksantriklik 17 derece olup, bu sistemdeki en büyük eğikliktir.

Boyutu ve kütlesinin küçüklüğü göz önüne alındığında Pluto bir gezegen yerine, büyük bir asteroit olarak da kabul edilebilir. Kütlesi, Neptün ve Satürn gibi büyük gezegenlerin hareketlerinde düzensizlik yaratabilecek ölçüde görülmediği için, o civarda henüz keşfedilmemiş başka bir büyük gezegenin bulunabileceği ihtimal dahilindedir. Merkezinde kaya malzemeden yapılmış bir çekirdek, onun üzerinde çeşitli gaz ve sıvılardan oluşmuş buz tabakası, en üstte de metan gazı bulunur. Çok ince bir atmosferi olup, metandan oluşmuştur. Yüzey sıcaklığı -240 derece olan Pluto'ya, inceleme yapması için, bir uzay aracı henüz gönderilmemiştir.

Uranüs ve Neptün'ün hareketlerindeki düzensizliklere neden olmakta olan büyük boyutlu bir 'x-gezegeninin' Pluto'nun daha ilerisinde bulunabileceği uzun zamandır düşünülmektedir. Uzaklığı yüzünden ve son derece az bir miktarda Güneş ışığı alacağı için böyle bir gezegeni teleskoplarla gözlemenin imkanı yoktur. 1977 yılında fırlatılan Voyager 1 ve 2 uzay araçları 1989 yılında Neptün ve Pluto'nun civarından geçip yıldızlararası boşluğa dalmışlardır. Araçların göndermiş olduğu bilgilerden, bu bilinmeyen gezegenle ilgili bir sonuç

çıkmamıştır. Eğer o civarlarda bir gezegen bulunmuş olsaydı, uzay araçları onun çekim kuvvetinden etkilenmiş olacaklardı. Belki, araçların o civarda bulunduğu sırada gezegen yörüngesinin diğer tarafında bulunmuş olabilirdi.

Dünya'nın çok yakınında bulunan Ay'ın, onunla birlikte dönen bir uydu olduğu tarih boyunca biliniyordu. Diğer gezegenlerin de Dünya gibi uyduya sahip olup olmadıkları ise bilinmiyordu. Bunu anlayan ilk insan Galileo oldu. Galileo, 1609'da kendi yaptığı teleskopla Jüpiter'e baktığında, onun dört en büyük uydusunu gördü. Daha sonraki zamanlarda diğer gezegenlerin uyduları keşfedildi.

Güneş sisteminin oluşumu sırasında, arta kalan nebula malze- mesinden meydana gelen küçük gaz ve toz yığınları civarlarındaki gezegenlerin gravitasyonel alanlarına yakalandı. Gezegenlerinin etraflarında dönmeye başlayan bu küçük sıkışmış cisimler, nebuladan kaynaklanan hareketle kendi çevreleri etrafında da dönmeye başladılar. Uydular gezegenlerle birlikte aynı zamanlarda, aynı gaz ve toz malzemesinden meydana gelmiştir. Dıştaki gezegenlerin uyduları genellikle daha ufak uydular olup, daha eliptik yörüngelere sahiptir. Fakat çoğu gezegenlerinin etrafında dairesel yörüngelerde dönerler. Yine büyük bir kısmı, gezegenlerin ekvator düzleminin içinde veya ona yakın düzlemlerde döner.

En içteki iki gezegen olan Merkür ve Venüs'ün herhangi bir uydusu yoktur. Üçüncü gezegen olan Dünya'nın tek bir gezegeni olup, o da Ay'dır. Ay, Dünya'nın etrafında aynı düzlemde yörünge çizer ve yörüngesi 5 derecelik eliptikliğe sahiptir. Mars'ın iki küçük uydusu gezegenin ekvator düzleminin içinde döner. Jüpiter'in en büyük dört uydusu ve diğer dördü onun ekvator düzleminde, geri kalan sekiz küçük uydu ise 27 ve 150 derecelik gibi büyük açılar yapar. Satürn'ün sekiz uydusu gezegenle aynı düzlemde, dokuzuncu ise farklı

düzlemde döner. Uranüs'ün 15 uydusunun tamamı gezegenle aynı düzlemdedir. Neptün'ün altı iç uydusu aynı düzlemde, iki dış uydusu ise farklı düzlemde dolanır. Triton, gezegeninin ekvator düzlemi ile 160 derecelik bir açı yapar.

Uyduların gezegenlere olan dağılımı çok farklıdır. İç gezegenlerin sadece birkaç uyduya sahip bulunmalarına karşılık, dış dev gezegenlerin daha fazla sayıda uyduları vardır. Bunun sebebi, dıştaki gezegenlerin daha büyük kütleli olması ve daha büyük gravitasyon kuvvetiyle daha fazla uydu yakalamış bulunmalarıdır.

Dünya, uydusu olan Ay'dan sadece 81 kat fazla kütleli olmasına karşılık, Jüpiter en büyük uydusundan 12.000 kat daha büyük bir kütleye sahiptir. Satürn, en büyük uydusundan 4000 kat daha büyüktür. Uranüs, en kütleli uydusundan 4000 kat, Neptün 800 kat daha büyüktür. Dünya-Ay arasındaki 81 kat'lık oran oldukça özel bir durum yaratmaktadır.

Sistemdeki gezegenlerden Merkür ve Venüs'ün uyduları yoktur. Dünya ve Pluto'nun sadece birer uydusu, Mars'ın 2 küçük uydusu, Jüpiter'in dördü büyük gerisi küçük olmak üzere 16 uydusu, Satürn'ün beşi büyük gerisi küçük 19 uydusu, Uranüs'ün dördü büyük 15 uydusu, Neptün'ün biri büyük gerisi küçük 8 uydusu vardır. Pluto'nun uydusu kendisinin yarı büyüklüğündedir. Uydularının bolluğu ile gaz devleri küçük bir Güneş sistemi görünümündedir.

Ay'ın dışındaki uyduları ilk gören insan Galileo olmuştur. 1609 yılında teleskopu ile Galileo, Jüpiter'in dört büyük uydusu olan Io, Europa, Ganymede ve Callisto'yu gördü. Ondan önce Uyduların varlığı bilinmiyordu. Son 30 yıl içinde uzaya gönderilen araçlar ve bilhassa Voyager uzay araçları uzaktaki gezegenlerin uydularının tamamını, şekillerini, boyutlarını, yapı ve yüzey sıcaklıklarını tespit etmiş oldu.

Güneş sistemindeki en büyük uydu Jüpiter'in 1.070.000 kilometre uzağında dönen ve çapı 5262 kilometre olan Ganymede'dir. En küçük uydu ise Mars'ın 23.460 kilometre uzağında dönen Deimos'tur. Jüpiter'in küçük uydularından olan Sinope gezegenine en uzak mesafeden dönen uydu olup, uzaklığı 23.700.000 kilometredir. Gezegenine en yakın mesafede bulunan uydu ise, 9380 kilometre ile Mars'ın uydusu Phoboş'dur. 1609 yılında ilk keşfedilen uydular olan Io, Europa, Ganymede ve Callisto'ya karşılık en son keşfedilen uydu, 20 kilometre çapı olan Satürn'ün uydusu Pan'dir. Pan 1991 yılında Voyager tarafından keşfedildi. Ay'ın haricindeki, 61 tane uydudan 36 adedi insanlar tarafından, geri kalanlar ise 1979-1991 yılları arasında Voyager uzay aracı tarafından keşfedildi.

Mars'ın, patates şekilli iki uydusu olan Deimos 15, Phobos 27 kilometre genişliğindedir. Bunlar Mars'ı bombardıman eden gök cisimlerinden yörüngeye yakalanmış iri asteroitlerdir.

Jüpiter'in uydularından Io, 3642 kilometre çapı ile gezegenin 421.600 kilometre uzağında aynı düzlemde döner. Jüpiter'in manyetik alanı içinde bulunan Io, 1 milyar watt'lık elektrik gücü üretir. Üzerinde büyük volkanik faaliyetler bulunan Io'nun yüzey sıcaklığı -150 derecedir. Kırmızımsı görünen uydunun volkanik bölgelerindeki sıcaklık 300 dereceye ulaşır. Ganymede daha ilerde olup, Merkür'den daha iri bir uydudur. Yüzeyi buzlarla kaplıdır. Diğer büyük uydu olan Callisto'nun yüzeyinde geniş ve derin kraterler vardır.

Satürn'ün bazı küçük uyduları çekim kuvvetleriyle, gezegenin halkalarını aynı düzlemde düzgün ve ince bir disk şeklinde bir arada tutar. Satürn en çok uyduya sahip gezegendir. En büyük uydusu olan Titan, sistemdeki ikinci en büyük uydudur. Titanda çok yoğun bir atmosfer mevcut olup, uydunun

dışardan görül- mesini önler. Voyager uzay aracı Titanda, DNA molekülünün nükleoiditlerinden olan adenin'in temel maddelerinden hidrojen siyanid molekülünün varlığını tespit etmiştir. Her ne kadar bir aminoasiti oluşturacak suya rastlanmadıysa da, Dünya'nın ilk zamanlarında olduğu gibi, Titan'nın ilkel hücre oluşum devrini yaşadığı düşünülebilir. Satürn'ün diğer uyduları küçük olup buzlarla kaplıdır.

Uranüs'ün uydularından Miranda'nın yüzeyinde kraterler, derin kesikler ve geniş düzlükler birbiri ile karışmış durumdadır. Uydunun, bir zamanlar başka bir gök cismi ile çarpışması sonunda iki parçaya ayrılmış olduğuna ve daha sonra parçaların tekrar birleştiğine inanılmaktadır. Uranüs'ün diğer uyduları küçük olup, buzlarla kaplanmıştır.

Neptün'ün en büyük uydusu Tritan, diğer uyduların dönüş yönlerinin tersi yönde döner. 2720 kilometre çapı olan Triton, Güneş sistemindeki en soğuk yerdir. Sıvı azot bile Tritonun yüzey sıcaklığından daha sıcaktır. Tritonun kutupları arasındaki eksen Neptün'ün ekvator düzlemi ile 160 derecelik bir açı yaptığından, uydunun her bir kutbu 82.4 dünya-yılı süresince Güneş'e dönük kalır. Bu süre Tritonun kutuplarındaki bir gün ve bir gecenin uzunluğudur.

Pluto'nun tek uydusu olan Charon gezegeninin kütlesinin yarısı bir büyüklüğe sahiptir. Charon'un Pluto etrafında dönüş süresi ile Pluto'nun kendi çevresindeki dönüş süresi eşit olduğundan Charon Pluto'nun yanında hep aynı pozisyonda görülür. Pluto'nun diğer tarafına geçtiğinde ise asla görülemez.

Ay, hemen yanı başımızda olan, gözlenmesi için güçlü bir teleskopa gerek duyulmayan 'tek' uydudur. Güneş'ten aldığı ışığı yansıttığı için hava karardıktan sonra görülebilen Ay, bulutsuz gecelerde Dünya'nın kendisine bakan tarafını aydınlatır. Işığı bize 1.28 saniyede ulaşan Ay, Güneş'ten aldığı ışığın sadece %7'sini Dünya'ya yansıtır. Ay, farklı zamanlarda

farklı şekillerde görülür. Bunun sebebi, Dünya etrafındaki yörüngesinde Güneş'e dönük yüzünün Dünya'dan kısıtlı görülmesidir. Bazı geceler ince bir hilal olarak görülmesine karşılık, bazı geceler tam bir daire şeklinde görülür. Diğer uydularla karşılaştırıldığında, Dünya'nın ölçüsüne göre oldukça büyük bir uydudur. Dünya ve Ay, bir ikiz gezegen sistemi olarak da düşünülebilir.

Önceleri, Ay'ın Dünya'nın oluşumu sırasında başka bir büyük cisimle çarpışması sonunda Dünya'dan kopup ayrılmış bir gök cismi olduğuna inanıldı. Sonra, Dünya'nın daha soğumamış plastik durumundayken hızlı dönüşü ile gövdesinden kopup ayrılan ve sonra soğuyan bir cisim olduğu sanıldı. Daha sonraları yapılan bilimsel incelemelerde, Ay'ın Dünya ile aynı zamanda aynı gaz ve toz bulutu içinde 'kendi başına' meydana geldiği anlaşıldı. Güneş sistemi içindeki beşinci en büyük uydu olan Ay'ın merkezinde 600 kilometre çapında bir çekirdek vardır. Onun üzerinde 350 kilometre kalınlığında, içinde eriyik halinde kayaların bulunduğu bölge yer alır. Daha yukarıda 1070 kilometre kalınlığında katı manto ve kabuk tabakası vardır. Çapı 3476 kilometredir.

Dünya'ya olan ortalama uzaklığı 384.400 kilometre olan Ay, Dünya etrafındaki bir tam dönüşünü 'yıldızlara' göre 27.3 günde tamamlar. Kendi etrafındaki bir dönüşünü de aynı zamanda yapar. Bunun sebebi, Dünya'nın gravitasyon kuvvetinin Ay'ın dönüşünü kontrol etmesidir. Bu yüzden Ay'ın daima 'bir yüzü' Dünya'ya bakar. Dünya'dan bakılınca Ay'ın hep aynı yüzü görülür. Henüz Ay'ın arka yüzünü gören olmamıştır. Arka yüzü ilk olarak, 1959'da fırlatılan Luna-3 uzay aracının çektiği fotoğraflarda görülmüştür. Dünya etrafındaki bir dönüşünü 27 gün 7 saat 43 dakikada tamamlayan Ay, Dünya'nın da Güneş etrafında aynı yönde dönmesi

yüzünden, Dünya'dan görünüşüne göre iki tam ay arasındaki süre 29 gün 12 saat 44 dakika sürer.

Ay'ın yüzeyi kuru ve tozludur. Farklı ölçülerde birçok kraterlerle kaplanmıştır. Ayrıca, büyük ve karanlık düzlükler yer almaktadır. Önceleri bunların deniz olduğu sanıldıysa da sonra Ay'ın hiçbir yerinde suyun bulunmadığı anlaşıldı. Ay'da hava da yoktur. Dolayısıyla, Ay yüzeyinde rüzgar ve yağmur bulunmaz. Ay üzerinde bulunan her şey, milyarlarca yıldan beri 'aynı durumunu' muhafaza etmektedir. Ay'daki cisimleri etkileyen iki şey, sadece Ay'a düşen gök taşları ve oraya Dünya'dan giden astronotlar vasıtasıyla olmuştur. Ay'da bir atmosfer bulunmadığından Ay üzerinde duran bir kimse gökyüzünü devamlı 'zifiri karanlık' görür. Gündüzleri Güneş'in tepeden parlak görülmesine rağmen gökyüzü yine de karanlıktır.

Ay'a gönderilen bir çok uzay aracı ile onun tam bir haritası çıkarılmıştır. Ay'da tanınmadık bir yer artık kalmamıştır. Ay, insanoğlunun ayak bastığı 'ilk ve tek' gök cismi olmuştur. Ay'a ilk seyahat 1969 yılında Appollo uzay aracı ile yapıldı. Bu tarihten sonra Ay'a beş defa daha gidildi. Ay'dan getirilen örneklerden, onun Dünya ile aynı yaşta olduğu, aynı yapıdaki malzemelerden yapılmış olduğu anlaşıldı. Ay'da su bulunmamasına rağmen denizler adı verilen karanlık görünüşlü düzlüklerin yanında, çapları 1000 kilometreye ulaşan kraterler ve 8 kilometreye varan dağlar vardır.

Yüzeyi çok karmaşık bir görünümdedir. Bütün bunların bir zamanlar uyduda meydana gelmiş volkanik faaliyetler ve daha yumuşak iken uzaydan gelip çarpan gök cisimleri tarafından oluşturulduğu anlaşılmaktadır. Ay'da bir atmosfer bulunmadığı için gök taşlarının bombardımanına müsait bulunmaktadır. Ay'ın karmaşık yüzeyi tozların ve ufak kaya parçalarının, büyük hızlarla gelip uyduya çarpan cisimler tarafından

oluşturulmuştur. Bize bakan yüzündeki Copernicus krateri uydunun en büyük çukurudur.

Ay'ın Güneş'e bakan yüzünün sıcaklığı 100 derecenin üzerinde, diğer yüzü ise -200 derece civarındadır. Bu büyük ısı farkı, yüzeydeki cisimlerin uzamasına, kısalmasına ve erozyonuna sebep olur. Dünya etrafında hafif bir elips çizen Ay'ın en yakın konumdaki uzaklığı 356.000, en uzak konumdaki ise 407.000 kilometredir. Yörünge düzlemi, Dünya'nın yörünge düzlemi ile 5 derecelik bir açı yapar.

Bir metalik çekirdeği bulunmadığından herhangi bir manyetik alanı da yoktur. Kabuğu kum, alüminyum, kalsiyum, demir ve titanyumdan meydana gelmiştir. Çok az miktarda iç depremlerin bulunduğu Ay, Dünya'ya göre aktif olmayan, ölü bir gök cismidir. Kütlesinin büyüklüğü ve yakın konumu yüzünden Ay'ın Dünya üzerinde bir gravitasyon etkisi bulunur. Aynı etki Güneş tarafından da uygulanır. Aradaki büyük yakınlık farkından dolayı Ay'ın Dünya üzerindeki etkisi Güneş'inkinin iki katıdır. Bu etki Dünya üzerinde en fazla sularda görülür.

Dünya dönüşünün meydana getirdiği kuvvet okyanus sularını yukarı iter. Buna karşılık Dünya'nın gravitasyonu suları aşağı çekerek dengeyi sağlar. Bu dengeyi Ay'ın ve Güneş'in birlikte yaptıkları gravitasyon bozar ve Dünya'nın onlara bakan yüzündeki okyanus suları yükselir. Dünya'nın arka yüzündeki sulardaki yükselme ise daha az olur. Bu etkiler arasındaki fark günde iki defa gel-git olayına sebep olur. Karalarda da meydana gelen bu kabarmalar pek hissedilemez. Karalardan bakınca sadece sulardaki kabarmalar görülür. Dünya, Ay ve Güneş'in aynı hizada olmaları durumunda gel-git etkisi en fazladır. Çünkü hem Ay hem Güneş çekmektedir. Ay ve Güneş Dünya'ya göre 90 derecelik bir açı konumuna geldiklerinde gel-git etkisi en aza iner.

Asteroitler, gezegenler gibi Güneş'in etrafında dönen küçük cisimlerdir. Bunlar, uydular gibi bir gezegenin çevresinde dönmezler. Koyu renkli kaya, gri renkli taş ve metal malzemelerden yapılmış üç farklı tür asteroit bulunur. Sistemdeki asteroitler sayısı tam olarak bilinmese de, boyları 500 metre olan yarım milyon asteroitin bulunduğu tahmin edilmektedir. En büyükleri 1801'de keşfedilen Ceres'dir. bunların dışında milyonlarca küçük boyutlu asteroit mevcut olup, küçüklükleri yüzünden tespit edilememektedir.

1772 yılında Johann Titius, gezegenlerin Güneş'e olan uzaklıkları ile ilgili sayısal bir sistem keşfetti. Titius, 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192 gibi sıra ile giden ve birbirinin iki katı sayılara 4 ilave ederek 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196 sayılarını tanzim etti. Güneş ve Dünya arasındaki uzaklığı 10 birim olarak kabul edince, 4 sayısının Merkür'ün Güneş'e olan uzaklığına tekabül ettiğini gördü. Aynı şekilde, 7 Venüs-Güneş arası, 16 Mars-Güneş arası, 52 Jüpiter-Güneş arası, 100 Satürn-Güneş arası uzaklıklara tam olarak uyuyordu. 28 ve 196'nın yerlerini Titius boş bıraktı.

William Herschel 1781 yılında Uranüs'ü keşfettiği zaman, Titius'un sayısal sistemini ele alan Johann Bode, Uranüs'ün Güneş'e uzaklığının 196 sayışına uyduğunu buldu. Bode, 28 sayısına tekabül eden bir başka gezegenin Mars ile Jüpiter arasında bulunması gerektiğini iddia etti. Zira, bütün gezegenler Titius-Bode'nin 'sihirli sayısal' yasasına uymuştu.

Mars ve Jüpiter arasındaki hayalet gezegeni bulma çalışmaları 15 yıl sürdü. 1801'de Giuseppe Piazzi onu tam yerinde buldu. Bu, Ceres ismindeki asteroit idi. Ceres'in keşfinden sonra Mars ve Jüpiter arasında binlercesi kolayca tespit edildi. Bunlar, 33 tanesi 200 kilometre çapında, gerisi daha küçük boyutlu milyonlarca asteroit idi. 'Asteroit Kuşağı' adı verilen yan yana birçok yörüngede gruplar halinde dolanan

çok sayıda asteroitlerin bir zamanlar aynı bölgede dönen bir gezegenin, Jüpiter'in gravitasyonu ile parçalanmasından meydana geldiği anlaşıldı. Jüpiter ile Mars'ın arasındaki bölgede, Güneş'in etrafında dönen bu asteroitlerin yörüngeleri arasında ufak mesafeler mevcut olup bunlara 'Kirkwood Aralıkları' adı verilir.

Asteroit kuşağındakilerin dışında bazı başka asteroitler farklı yörüngeler de döner. Bazılarının yörüngeleri oldukça eliptik şekilli olup, iç ve dış gezegenlerin arasında yol alır. Hidalgo asteroiti Güneş'in etrafında dolandıktan sonra yörüngesinin diğer ucunda Satürn'ün yakınına kadar ulaşır. Trojans adı verilen iki asteroit grubu Jüpiter'in yörüngesi üzerinde, bir grup onun ilerisinde, diğeri ise gerisinde kalmak üzere tur atar. Trojans asteroitleri Titius-Bade sayı sisteminde 52 nolu uzaklığa tekabül etmektedir. Asteroitlerden bazılarının yörüngelerindeki aşırı eliptiklik onların gezegenlerin yörüngeleriyle çakışmasına sebep olur. Dünya'nın yörüngesi de böyle bir asteroit yörüngesiyle çakışır. Az ihtimal bile olsa, Dünya dahil bazı gezegenlerin bir gün bir asteroit ile çarpışması mümkündür.

Güneş sistemindeki küçük cisimlerden bir başkası 'kuyruklu yıldızlar'dır. Bunlar bir teleskopla görülemeyecek kadar küçük boyutlu olup, ancak Güneş'in yakınına gelince görülürler. Dünya'nın civarından geçtiklerinde parlak gövdeleri ve renkli uzun kuyruklarıyla etkili bir görünüşe sahip olurlar. Geçmiş zamanlarda kuyruklu yıldızlar felaketlerin habercileri olarak kabul edilmiş olup, bunlar ancak 16'cı asırda bilimsel olarak incelenmeye başlamıştır.

Kuyruklu yıldızlar, sistemi oluşturan nebula malzemesinden şekillenmiştir. Kirli bir kartopu benzeri, donmuş gaz ve tozlardan oluşurlar. En fazla 15 kilometre uzunluğunda patates şekilli katı cisimlerdir. Kendi çevreleri etrafında da dönerler.

Güneş'e yaklaştıkları zaman, Güneş'in çıkardığı sıcak rüzgarlarla üzerindeki buzlar ısınır, buz ve tozlar buharlaşır. Güneş'e yaklaştıkça buharlaşan gaz ve tozlar çekirdeğin arkasında kuyruk gibi şekil alır.

Her kuyruklu yıldızda iki kuyruk oluşur. Biri tozlardan, diğeri iyonize gazlardan meydana gelir. Tozlu kuyruk sarı olup, Güneş'in ışığını yansıtır. İyonize gazlardan oluşan kuyruk ise mavimsi renktedir. Güneş'e en yakın konumda her iki kuyruk en parlak duruma erişir. Güneş'ten uzaklaştıkça kuyruklar kısalır, sönükleşir ve en uzak konumda da kuyruk kalmaz. Bu durumda kuyruklu yıldız karanlık görünüşlü kirli bir gaz ve buz kütlesidir.

Çekirdeği bir kömürden daha kara olan kuyruklu yıldızlar Güneş'in etrafındaki bir dönüşünde saniyede 15 ton malzeme kaybeder. Kaybedilen malzeme, daha çok katı çekirdeğin üzerindeki gaz ve tozlar olup, ana gövdesinden uzaya dağılan malzeme ise daha az miktardadır. Bir kuyruklu yıldız arkasında büyük miktarda toz bırakır. Dünya'nın yakınından bir kuyruklu yıldızın geçmesinden sonraki birkaç yıl boyunca yeryüzüne toz ve meteor yağmuru iner.

Kuyruklu yıldızlar, Dünya'ya 6-18 ışık-ay mesafedeki Oort Bulutundan kaynaklanmaktadır. Bize en yakın konumda bulunan Proxima Centauri yıldızı ile aramızda olan uzaklığın yaklaşık 1/3'ü mesafede yer alan Oort Bulutunda sayısız kuyruklu yıldız toplanmıştır. Buradan, Güneş'in çekim kuvveti ile çıkan bu cisimler Güneş sistemine girer. Güneş'in etrafında bir tur attıktan sonra geldikleri yere dönerler. Güneş'e yaklaştıkları pozisyonda kuyrukları arkalarında, Güneş'ten uzaklaştıklarında ise kuyrukları ön taraflarında uzar. Kuyruklarının uzama doğrultusu tamamen, Güneş'in etrafında dönüş sırasında Güneş rüzgarlarının üfürmesi ile devamlı değişir.

Çekirdeğinin genişliği 10-15 kilometre olmasına karşılık, yıldızın baş kısmı 1 milyon kilometre, kuyruğu ise yüzlerce milyon kilometre uzunluğundadır. Çok uzaklardan gelip sisteme dalan kuyruklu yıldızlar oldukça büyük eksantrikliğe sahip yörünge çizerler. En yakın konumlarında Güneş'e birkaç yüz bin kilometre yaklaşarak etrafından dönerler. En uzak konumlarında ise 10-15 milyar kilometre mesafede olurlar.

1682 yılında gelen Halley kuyruklu yıldızının her 76 yılda bir görüleceği, Newton'un denklemlerini kullanan Edmond Halley tarafından hesap edilmişti. Her ne kadar kendisi göremediyse de, aynı kuyruklu yıldız 1758'de tekrar geldi. En son 1986 yılında ziyaret etti. 1986 ziyaretinde Halley, 300 milyon ton malzeme kaybetti. Halley 2061 yılında tekrar gözükecektir. Çekirdeğinde hala 10 milyar ton malzeme mevcut olup, bunların tamamen tükenmesine kadar daha çok dönüş yapacaktır. Halley'in son gelişinde ona 600 kilometre yaklaşabilen uzay araçları ile yapılan incelemelerde üzerinde organik moleküllere ait hafif ve ağır elementleri taşıdığı anlaşıldı. Bu durum, Halley'in Oort Bulutu yerine, yıldızlararasından, canlı yaşamın bulunabileceği bir bölgeden çıkmış olabileceğini düşündürmektedir.

Güneş sistemi içinde yer alan küçük cisimlerin sonuncusu, halk arasında 'kayan yıldız' olarak tanınan meteorlardır. Tarih boyunca insanoğlu tarafından gözlenmiş bu cisimler birer yıldız olmayıp, kuyruklu yıldızların arkalarında bıraktığı artık malzemelerdir. Bir kuyruklu yıldız Güneş'in etrafındaki hareketi sırasında uzaya büyük miktarda gaz ve toz fırlatır. Dünya'nın, uzaydaki bir kuyruklu yıldız artığı içinden geçmesi durumunda, ufak kaya parçaları, büyük ve küçük toz zerrecikleri atmosfere girer. Atmosfere giren bu küçük cisimler hava moleküllerinin arasından geçerken sürtünme ile yanar. Bu yanma sırasında moleküller iyonize olur ve bir radyasyon

çıkarır. Atmosfere giren her parçacığın çıkardığı bu ışık kayan yıldız olarak adlandırılır.

Bazı durumlarda, kuyruklu yıldızlardan arta kalan meteorların inişi bir yağmur gibi olur. Binlerce meteorun inerken yanarak oluşturduğu kısa süreli ışık alışılmadık bir görüntü verir. İnen meteorlardan çok ince olanlar ise atmosferde yanmadan yavaş bir hızla yeryüzüne ulaşır. Uzaydan, Dünya üzerine bir gün içinde düşen toz miktarının 100 ton olduğu hesaplanmıştır.

Kuyruklu yıldızların artıklarından başka, meteor kaynaklarda mevcuttur. Güneş'in etrafında durmadan dönen, nebuladan arta kalmış toz ve kaya parçaları bulunmaktadır. Bu cisimler saniyede 10-80 kilometrelik hızlarla atmosfere girer. Aralarında ince bir toz zerreciğinden büyük bir kaya parçasına kadar çok çeşitli katı cisimler vardır. Bazıları 20 kilometre boyundadır. Çok nadir bile olsa, büyük bir kaya parçası atmosfere daldığında yanan bir top gibi görülür. Kayanın etrafındaki malzemenin büyük bir kısmı atmosferde sürtünme ile yanar fakat ortadaki sert parça yere düşer. Yere düşen bu cisimlere 'meteorit' adı verilir. Meteoritlerin bazıları demir, nikel karışımı metaller, bazıları ise metal ve silikat karışımıdır. Başka bir tür ise kaya malzemesinden yapılmıştır. Dünya üzerine düşmüş meteoritler, Güneş sisteminin oluşumu ve yaşı ile ilgili teorileri desteklemektedir.

Her yıl aralığın ikinci haftasında, Geminid meteor yağmuru görülür. Bu süre içinde, saatte yaklaşık 50 meteor atmosferde yanarak ışık çıkarır. Yeryüzüne düşmüş meteorlardan en ünlüsü bundan 40.000-25.000 yıl önce Amerika'da, Arizona'ya düşen 10.000 tonluk bir meteordur. Meteorun açmış olduğu krater 800 metre genişliğinde ve 200 metre derinliğindedir. Düşen meteor, çarpışmanın etkisiyle buharlaşmış fakat açtığı çukur,

Arizona'nın son derece kuru ikliminden dolayı şeklini korumuştur.

Yeryüzünde keşfedilmiş ve mevcudiyetini koruyan en iri meteor 635 kilo ağırlığındadır. Afrika'ya düşen 55 ton ağırlığındaki bir meteorit ise yerin altında bulunmaktadır. 20'ci yüz yılda iki meteorit düşmesi Rusya'nın Sibirya bölgesinde görülmüştür. Sibirya'ya düşen meteoritlerden biri Güneş parlaklığında bir ateş topu olarak korkunç bir hızla gelmiş ve yere değmeden havada patlamıştır. Atmosferde patlayan bu cisim bir krater açmamış, fakat 30 kilometre genişliğindeki bir ormanı dümdüz etmiştir.

Dünya, Bizim Ev

Uzaydan bakıldığında üzerinde beyaz bulutların dolaştığı, mavi görünüşlü ‘en güzel’ gezegendir. Sıvı suya sahip olan ve üzerinde canlı yaşamın bulunduğu, Güneş sisteminin ‘tek’ gezegenidir. En yakın komşuları olan Venüs ve Mars’ın aksine, çevresini saran atmosferinde karbondioksitin azınlıkta, azot ve oksijenin çoğunlukta bulunduğu, ne Venüs gibi çok sıcak nede Mars gibi çok soğuk olmayan bir gezegendir. İnsanoğlunun ‘üzerinde yaşadığı’ gök cismidir.

Ekvator’daki çapı 12.756 kilometre, kütlesi 5.97×10^{21} tondur. Ortalama yoğunluğu suyun 5.52 katı, ekvatordaki gravitasyon kuvveti ise saniyede 9.78 metre/saniyedir. Kendi çevresindeki bir tam dönüşünü 23 saat 56 dakika 4.09 saniyede tamamlar. Dönüş hızı saniyede 29.79 kilometre olup, Güneş’e olan ortalama uzaklığı 149.600.000 kilometredir. Güneş etrafındaki bir tam dönüşünü 365,256 günde tamamlayan

Dünya'nın ekvator düzleminin eğikliği 23.45 derecedir. Ortalama yüzey sıcaklığı 15 derecedir.

Dünya'nın ölçüsü ile ilgili ilk hassas hesapları bundan 2200 yıl önce eski Yunanlı Eratosthenes yaptı. İki farklı yere diktiği çubukların çıkardığı gölgelerin açılarından Dünya'nın çevresini ve çapını, bugünkü değere çok yakın olarak buldu. Daha sonra farklı yerlerdeki yıldızların açılarından daha hassas değerler hesaplandı.

Newton'un gravitasyon yasasını bulmasından sonra İngiliz Henry Cavendish, 1790'larda gravitasyon sabitini keşfetti. Cavendish, daha sonra, Dünya'nın gravitasyon kuvvetini çıkardı. Buradan da, onun ağırlığını 6.600 milyar defa milyar ton, yoğunluğunu da 5.5 gram/cm^3 olarak hesapladı. Böylece, Dünya'yı meydana getiren maddelerin sudan 5.5 kat daha ağır olduğu anlaşılmış oldu.

İnsanoğlu, üzerinde yaşadığı ve ayağını bastığı yerin altında nelerin bulunduğunu hep merak etmişti. Dünya'nın içi, gökteki Güneş, Ay ve yıldızlar gibi gözle görülemediğinden bunu bulmak kolay olmadı.

1900'lerin başlarında Yugoslav Andrija Mohorovicic, Balkanlardaki deprem dalgalarını inceliyordu. Deprem dalgalarının haritalarını gören Mohorovicic, derinlerdeki deprem dalgalarının şokunun sismograf cihazına yüzeyden önce ulaştığını anladı. Bunun anlamı, Dünya yüzeyini saran bir kabuğun daha aşağıdaki daha sert bir tabaka üzerinde oturması demekti. ki, bu sayede titreşimler daha büyük bir hızla ilerleyebilsin. Kabukla aşağıdaki tabaka arasında keskin bir sınır bulunmalıydı. Bu sınır şimdi 'Mohorovicic ayırımı' olarak adlandırılır. Kabuğun ve altındaki manto tabakasının farklı yoğunluklarda olduğunu hesap eden Moho, sismik titreşimlerin daha aşağıda yer alan daha yoğun sıvısal bir bölgeden

kaynaklandığını belirtti. Sonuçta Dünya'nın, dev bir soğan gibi, farklı tabakalardan oluştuğu anlaşıldı.

Dünya'nın merkezinde nikel ve demirden meydana gelen bir 'çekirdek' vardır. Bu bölgenin en içinde 2754 kilometre çapında katı metalden yapılmış bir 'iç çekirdek', onun dışında 2200 kilometre kalınlığında sıvı demir ve nikelden oluşmuş 'dış çekirdek' yer alır. Daha yukarıda, 2900 kilometre kalınlığında kayalarla kaplanmış 'manto' tabakası bulunur. Manto ile sıvı bölge arasında 'Gutenberg Ayırımı' denilen ince bir sınır yer almaktadır. Manto tabakasının en altında 'mezosfer' olarak adlandırılan yarı katısal maddeler, onun üzerinde 'astenosfer' adı verilen yumuşak ve yarı sıvısal maddeler, mantonun üst kısmında 'litosfer' denilen 100 kilometre kalınlığında rijit kayalardan oluşmuş üç bölge vardır. Mantonun üzerinde yeryüzü kabuğu yer almıştır. Canlıların üzerinde yaşadığı kabuğun kalınlığı 30 ile 60 kilometre arasında değişir. Okyanusların derinliklerinde yer kabuğunun kalınlığı 5 kilometreye kadar iner.

Dünya merkezindeki madde yoğunluğu 13.6 gram/cm^3'dür. Yukarılara çıkıldıkça yoğunlukta azalma olur. En içteki katı çekirdeğin dışında 13.3 olan yoğunluk, daha sonra 12.3, 10, 5.5, 3.3 ve en dışta da 2.9 gram/cm^3 şeklinde dağılım gösterir. Dünya'nın oluşumu sırasındaki sıcaklıktan arta kalan miktar, daha sonra dış tabakaların basıncı, uranyum, toryum ve potasyum gibi elementlerin radyoaktivitelerinin oluşturduğu ısı, çekirdekteki sıcaklığı 3000-6600 derecede tutar. Yukarılara çıkıldıkça sıcaklık azalır. Moho ayırımındaki sıcaklık 375 derecedir. Dünya merkezindeki bu muazzam ısı durmadan yüzeye ulaşarak uzaya kaçar. Dışarı kaçan ısı, Dünya'nın Güneş'ten aldığının sadece %0.2'si gibi son derece küçük bir miktardır. Bu yüzden, Dünya kendi sıcaklığını korur ve içindeki

volkanik faaliyetler, jeolojik değişiklikler ve kıtasal hareketler durmadan devam eder.

İçerideki sıcaklık ve dıştan gelen basınç, Dünya'nın içindeki malzemeyi sıkıştırarak, tabakaları sıkı bir şekilde birbirine kaynaştırmıştır. Basıncın etkisiyle birbirine yaklaşan atomlar ve moleküller Dünya maddesini bir araya getirmiş ve sonunda yeryüzü, kendi etrafında dönmenin de tesiri ile bir top şeklini almıştır. Deniz seviyesindeki kabuk üzerindeki hava tabakasının basıncı 1 atmosferdir. Kabuğun 35 kilometre derinliğindeki basınç ise 10.000 atmosferdir. Aşağılara inildikçe basınç yükselir. basınç, manto tabakasındaki malzemeleri sıkıştırarak onlara farklı şekiller verir. Yukarılarda düşük basınçlarda karbon kristalleri halinde bulunan grafit, daha aşağılardaki büyük basınçlarda elmas kristalleri şeklini alır. Daha derinlerde bol miktarda doğal elmas bulunur.

Yeryüzü kabuğu binlerce farklı tür minerallerden meydana gelir. Kabuğun temel maddesi, silikon, alüminyum ve oksijenden oluşan kayalardır. Dünya'nın iç tabakalarında en bol bulunan elementler ise oksijen, demir, silikon ve magnezyumdur. Manto tabakası çoğunlukla silikon, demir, magnezyum ve oksijen ve bunların oksitlerini ihtiva eder. Manto'nun alt bölgelerinde malzeme, yüksek basınçtan dolayı daha rijit ve sert şekildedir. Çekirdekteki malzeme ise tamamen demir ve demir bileşikleri halindedir. %90 demirin yanında, %9 oranında nikel ve %1 oranında sülfür vardır. Bu elementleri ihtiva eden katı çekirdeğin dışındaki sıvı bölgede aynı elementler eriyik halinde bulunur.

Dünya yüzeyinin üzerinde, onu bir battaniye gibi saran, bir 'atmosfer' tabakası yer almıştır. Canlı yaşamı için şart olan atmosfer gazlardan meydana gelmiştir. %77'si azot, %21'i oksijen, %1'i su buharı ve %0.93'ü de argon gazıdır. Bunların yanında az miktarda karbondioksit, neon, helyum ve sülfür de

bulunur. Atmosferin yüksekliği 110 kilometre civarında olup, en altta 10 kilometre kalınlığında canlı yaşamın bulunduğu ve en yoğun 'troposfer' tabakası, daha yukarıda 38 kilometre kalınlığında ozonun bulunduğu 'stratosfer', onun üzerinde 30 kilometre kalınlığında 'mezosfer' ve en üstte de 30 kilometre kalınlığında 'iyonosfer' tabakası yer almıştır. İyonosfer tabakasına 'termosfer' de denir.

Atmosferin deniz seviyesindeki sıcaklığı 15 derece civarındadır. Yukarılara çıkıldıkça sıcaklık azalır ve termosferde -85 dereceye iner. Dünya yüzeyinden her 100 metre yukarıda sıcaklık yarım derece azalır. Güneş'ten, hiçbir engelle karşılaşmadan gelen radyasyon nedeniyle, termosferin bazı bölgelerinde sıcaklık 1000 dereceye ulaşır.

Atmosfer Dünya ile birlikte döner. Atmosfer tüm yüksekliği boyunca homojen olarak dağılmamıştır. Yukarılara çıkıldıkça yoğunluk azalır ve basınç düşer. 5'ci kilometreden sonra hava yoğunluğu çok azaldığından, canlıların nefes alması zorlaşır. Hava yoğunluğu her yerde aynı dağılmış olsaydı, o zaman, atmosferin toplam yüksekliği 8 kilometreye inerdi.

Dünya, hem kendi çevresinde hem Güneş'in etrafında döner. Bu dönüşler gece ve günleri, bir yılı ve farklı mevsimlerin oluşmasına sebep olur. Kendi çevresinde ve Güneş'in etrafında çok hızlı dönmesine rağmen, gravitasyon kuvvetinin etkisiyle yeryüzü üzerinde uzaya dağılmadan durabilen canlılar onun döndüğünü ve Güneş etrafında 'ilerlediğini' anlayamaz. Bu yüzden, canlılar Dünya'nın sabit durduğunu, Güneş ve yıldızların onun etrafında dönmekte olduğunu sanırlar. Gerçekte, Güneş doğudan doğup batıdan batmamakta, sadece Dünya'nın kendi etrafında dönüşünden dolayı böyle görülmektedir.

Dünya'nın kuzey ve güney kutuplarını birleştiren 'hayali' bir çizgi onun eksenidir. Bu eksen, Dünya'nın Güneş etrafındaki yörünge düzlemine göre 23.5 derece kadar eğiktir. Dünya'nın ortasından geçen ekvator düzlemi de ekseni ile aynı açıyı yapar. Dünya eğik olan ekseni etrafında döner. Dönüş hızı ekvator bölgesinde saatte 1670 kilometredir. Kutuplara doğru gidildikçe bu hız azalır. Dünya'nın kendi etrafındaki hızlı dönüşü küresel şeklini bozar, ekvator bölgesini genişletir, kutupları bastırır. Bu yüzden Dünya'nın ekvatordaki çapı 12.756, kutuplardaki çapı ise 12.714 kilometredir. Dünya'nın basık bir küre şeklini almasına, hızının yanında, Güneş ve Ay'ın gravitasyon kuvvetleri de yardımcı olurlar. Üniform bir küre şeklinde olmadığından yüzeyindeki gravitasyon alanı bölgeden bölgeye değişir. Ekvatordaki gravitasyon alanı kutuplardakinden daha azdır.

Şu anda 23.5 derece eğik olan Dünya ekseni, Güneş ve Ay'ın çekim kuvvetinden dolayı çok yavaş bir 'salınım hareketi' yapar. Daima eğik kalan bu eksen her 26.000 yılda bir daire çizer. Yaz gündönümü olan 21 Haziran'da eksenin kuzey ucu Güneş'e doğru eğik olup, Güneş bu tarihte kuzey yarı küresinde öğlenleri en üst noktadadır. Bu uç, kış dönümü olan 21 Aralık'ta Güneş'ten uzaklaşır ve Güneş aynı yarı küreden en alçak noktada görülür.

Güneş'in en yukarda olduğu noktada gündüzler en uzun geceler ise en kısa sürer. En alt noktada ise durum tersine döner. Bu durum kuzeye doğru gidildikçe fazlalaşır. Kuzey kutbunda yaz döneminde 6 ay süresince Güneş devamlı görülür. Kış döneminde ise 6 ay boyunca hiç Güneş görülmez. Kuzeyde yaz mevsimi yaşanırken güneyde kış yaşanır.

Kuzey yarı kürede yaz döneminde Dünya gündüzleri daha fazla ısınırken geceleri daha az ısı kaybeder. Temmuz ve

Ağustos kuzeyin en sıcak aylarıdır. Kış döneminde geceleri kaybedilen ısı, gündüzleri kazanılandan daha fazla olur. Kuzeyin en soğuk ayları Ocak ve Şubat olup, güney yarı kürede bunun tam tersi yaşanır. Güneyde Temmuz ve Ağustos en soğuk, Ocak ve Şubat en sıcak aylardır. Eksenin ucunun her 26.000 yılda bir yaptığı ve 'ekinoks presesyonu' adı verilen salınım hareketinden dolayı, 12.890 yıl sonra, Dünya ekseni ters tarafa eğilecek ve yaz gündönümü 21 Aralık'ta, kış gündönümü ise 21 Haziran'da gerçekleşecektir.

Şu anda, tam olarak 23.4429 derece olan eksen eğikliği bundan 90 yıl önce 23.45229 derece idi. 2000 yılında bu değer 23.43928 derece olacaktır. Eksen eğikliği bir süre azalmaya devam edecek, sonra büyüyecek, daha sonra tekrar azalacaktır. Eksen eğikliği hiç bir zaman 22 derecenin altına ve 24.5 derecenin üzerine çıkmayacaktır. Eksen eğikliğinin bir dönüşüm süresi yaklaşık 40.000 yıl sürmektedir. Dünya ekseninin yaptığı presesyon hareketinin başka bir nedeni, Ay'ın Dünya etrafında çizdiği eliptik yörünge düzleminin Dünya ekvator düzlemi ile 5 derecelik bir açı yapmasıdır.

Dünya tam bir dönüşünü bir günde tamamlar. 'Bir gün' mefhumu uzaydaki 'başka bir cisme' göre tanımlanır. Uzaydaki hiç bir cisim yerinde sabit durmadığından 'bir gün', referans alınan o cisme bağlıdır. Genelde, bir gün, etrafında dönülen 'Güneş'e göre' tespit edilir. Güneş-günü olarak adlandırılan bu süre, uzaklardaki 'bir yıldıza' göre tespit edilen bir günden 3 dakika 56 saniye kadar daha uzundur. Buna rağmen, her güneş-günü aynı olmaz. Dünya, Güneş etrafındaki yörüngesinde hafif bir elips çizdiğinden ve bu yörünge üzerinde değişik hızlarda yol aldığından güneş-günleri birbirinden 30 saniye kadar farklıdır. Saatlerin yaygın olarak kullanılmasıyla bütün değişik sürelerin ortalaması alınarak, ortalama bir-gün süresi kabul edilmiştir. Bir yıl süresi içinde, 'değişik' günlerle 'ortalama'

gün arasındaki fark 1 Kasım tarihlerinde 16 dakikalık maksimum bir aralığa ulaşır.

Dünya üzerindeki herhangi bir bölgenin gündüz süresi, o noktanın Güneş'i görme süresine eşittir. O noktadaki bir gecenin süresi ise Güneş'in görülemediği süredir. Sabahları Güneş'in doğudan yükseliyor gibi görünmesi, Dünya'nın dönüşünden dolayı, üzerindeki o noktanın doğuya doğru kaymasından ileri gelir. Akşamları Güneş'in batıdan batması da aynı sebeptendir.

Dünya'nın Güneş etrafındaki tam bir dönüşü bir yıl sürer. Güneş etrafındaki hafif eliptik olan yörüngesindeki hızı ise saniyede 29.79 kilometredir. Yıldızlar referans alındığında bir yıl 365.2564 ortalama güneş-günüdür. Tropik-yıl olarak adlandırılan, gece ve gündüzün eşit olarak öngörüldüğü bir yıl ise 365.2422 güneş-günüdür. Günlük yaşamda bir yıl, ilk üç yıl için 365 gün, dördüncü yıl için 366 gün olarak kabul edilir. Bu durumda dört yılın ortalaması 365.2425 güneş-günü olur ki, bu da tropik yıla uygun düşer. Dünya'nın hareketindeki değişiklikler ve belirsizlikler daha hassas bir zaman sistemini imkansız kılmaktadır.

Dünya Güneş'in etrafındaki hareketi sırasında, Ocak ayı başlarında ona en yakın konuma gelir. Bu sırada, Güneş'e olan uzaklığı 147 milyon kilometredir. Temmuz başlarında ise Güneş'e en uzak konumundadır. Bu konumda Güneş'e olan uzaklığı ise 152 milyon kilometre kadardır. En yakın konumda yol alma hızı en yüksek, en uzak konumdaki hızı ise en yavaş olur. Güneş'e olan ortalama uzaklığı 150 milyon kilometre, ortalama ilerleme hızı da saniyede 30 kilometre olarak kabul edilir.

Dünya'nın dev bir mıknatıs olduğu eski tarihlerden beri biliniyordu. Manyetik minarelerden yapılmış ibrelerinin kuzey ve güney kutuplarına döndüğü pusulalar asırlardır

kullanılmaktaydı. Fakat, Dünya'nın manyetizmasının sebebi ancak 20'ci yüzyılın ortalarında anlaşılabildi. 1939'da Alman Walter Elsasser, Dünya'nın dönüşüyle içerdeki sıvı demirin hareketli elektrik akımı meydana getirdiğini ileri sürdü. Gerçekten de, bir gezegenin manyetik alana sahip olması için elektrik akımını taşıma kapasitesine sahip bir sıvı çekirdeğin bulunması ve sıvının girdaplar yapacak şekilde dönmesine yol açacak kadar hızlı dönmesi gerekir. Dünya bu özelliklere sahip bir gezegendir. Elsasser'in teorisi, Dünya'nın manyetizmasını açıklığa kavuşturdu.

Çekirdekte bulunan erimiş demir malzeme, Dünya'nın dönüşüyle birlikte çalkantılı bir hareket içindedir. Bu çalkantılar dairesel bir elektrik alanı yaratır. Bu yüzden Dünya dev bir dinamo gibidir. Dünya'nın dönüşüyle birlikte sıvı tabakanın üzerinde bulunan manto ve kabuk tabakalar da döner. Bunların dönüşü en içteki katı çekirdeğin dönüşünden daha hızlıdır. Manto tabakasındaki demir malzemede bulunan serbest elektronlar ile katı çekirdeğin içindeki elektronların hareketleri, aradaki sıvı içindeki elektrik akımlarına eşdeğer olup, bu durum dönüş ekseninin iki yönünde büyük miktarda manyetik alanın oluşmasına neden olur. Dünya batıdan doğuya doğru döndüğünden içindeki sıvı da batıdan doğuya döner ve bu durum sanki Dünya'nın içine yerleştirilmiş, uçları güney ve kuzeye bakan dev bir mıknatıs çubuğun görünümünü verir.

Dünya'nın manyetik kutupları tam kuzey ve güney noktalarında bulunmayıp, Dünya ekseninin geçtiği kutup noktalarının l600 kilometre kadar uzağındadır. Manyetik kutupların ekseni, dönüş ekseni ile 11 derecelik bir açı oluşturur. Manyetik kutuplar yerinde sabit durmayıp her yıl birkaç kilometre kadar güney ve kuzey kutuplara yaklaşır veya uzaklaşır. Ayrıca, kuzey ve güney manyetik kutup noktaları birbirlerine göre aynı ters pozisyonda da bulunmazlar. Kuzey

manyetik kutbunun kuzey kutbuna olan uzaklığı ile, güney manyetik kutbunun güney kutbuna olan uzaklığı birbirinden farklıdır. Kuzey ve güney manyetik kutuplarını birleştiren bir doğru Dünya merkezinin 1100 kilometre açığından geçer.

Dünya'nın manyetik alanının gücü zamanla değişir. Onlarca yıl ile binlerce yıl arası bir süre içinde manyetik alanın hem gücü hem yönü farklılık gösterir. Bundan 730.000 yıl önce Dünya'nın kuzey manyetik kutbu güneyde, güney manyetik kutbu ise kuzeyde bulunmaktaydı. Çekirdekteki sıvı malzemenin çalkantılı dönüşünden ileri gelen bu ters yön değişikliği sırasında, 1000 yıl boyunca Dünya'da hemen hemen hiç bir manyetik alan bulunmaz.

Şu anda çekirdekteki sıvının hareketi yavaşlamaktadır. Bir gün hareketi tamamen duracak ve manyetik alan kaybolacaktır. Sonra ters yönde hareket başlayacak ve manyetik kutupların yönü değişecektir.

Dünya'nın yüzeyinin ¼'ü karalarla kaplıdır. Gerisi okyanuslar ve denizlerdir. 1900'lerin başlarına kadar, karalar ve okyanusların şimdiki şeklini, milyarlarca yıl önce Dünya kabuğunun sertleşmesi sırasında aldığına ve o zamandan beri bu şekli koruduğuna inanılıyordu. 1912'de Alman Alfred Lothar Wegener, kıtaların 'sürüklendiğini' ileri sürdü. Önceleri fazla kabul görmediyse de teorisi 1960'larda ispat edilmiş oldu.

Yeryüzü kabuğunun hemen altında litosfer tabakası yer almaktadır. Onun altında da, manto tabakasının astenosfer olarak adlandırılan ve kısmen erimiş zayıf malzemeden oluşmuş bölge vardır. Astenosfer'in üzerine oturmuş ve gevrek bir yapıya sahip olan litosfer ve yer kabuğu, içerdeki sıcak sıvı tabakadan yükselen ısının etkisiyle plakalar halinde parçalanmış durumdadır. Sekiz tane büyük, yedi tane küçük ölçüdeki plaka, altlarında bulunan yarı sıvı astenosfer'in üzerinde yüzmektedir. Bazı plakaların üzerinde sadece

okyanusların bulunmasına karşılık plakaların çoğu hem okyanusları hem de karaları taşımaktadır. Hiç bir kıta tek başına tek bir plakaya oturmamıştır. Manto tabakasının içindeki sıcak plastik malzemenin yukarılara çıktıkça soğuyup katılaşması, boşalan yerlere aşağıdan yeni sıcak malzemenin dolmasıyla astenosfer yanlara genişlemekte ve bu durum litosferdeki parçalanmış plakaları devamlı şekilde hareket etmelerine sebep olmaktadır.

Bundan 225 milyon yıl önce bütün kıtalar 'bir arada' bulunuyordu. 'Pangaea' adı verilen bu tek kara parçasının etrafı tek bir okyanusla çevrilmişti. 160 milyon yıl önce Pangaea iki büyük parçaya ayrıldı, sonra bu parçalar daha küçük parçalarına bölünerek birbirlerinden yavaşça uzaklaştılar. İki büyük parçadan Laurasia, kuzey Amerika ve Avrupa-Asya'yı oluşturdu. Diğer büyük parça Gondwana ise, Güney Amerika, Avustralya, Afrika, Antarktika ve Hindistan'ı meydana getirdi. Ayrılan kara parçalarının aralarındaki boşluklara sular dolarak şimdiki okyanusları ve denizleri oluşturdu. Yüzlerce milyon yıl sonra da, yeryüzünün günümüzdeki biçimini meydana getirdiler.

Plakaların ve dolayısıyla kıtaların hareketi durmadan devam etmektedir. Dünya'nın 4.6 milyarlık yaşı içinde birkaç tane Pangaea'nın olmuş olduğu tahmin edilmektedir. Çok yavaş olmasına rağmen Dünya yüzeyinin biçimi farklı şekiller almaktadır. Bir zamanlar, Güney Amerika'nın doğu tarafı Afrika'nın batısına yapışıktı. Afrika'nın kuzey batısı ile kuzey Amerika'nın doğusu bir aradaydı. Yine bir zamanlar Avrupa ile birlikte bulunan Grönland, son 100 yıl içinde 1.6 kilometre kadar uzaklaşmıştır.

Avrupa ve Kuzey Amerika bir yıl içinde birbirinden 2 santimetre uzaklaşmaktadır. 1980'lerde Avrupa ve Amerika'da kurulu radyo teleskopların yöneltildikleri aynı pulsara gidip

dönen radyo dalgaları arasında yapılan son derece hassas ölçümlerde bulunan zaman farkından Avrupa ve Amerika kıtalarının bir yıl içinde birbirlerinden 2 cm kadar uzaklaştıkları hesaplanmıştır. Günümüzde, birbirinden çok uzaklardaki kıtalarda bulunmuş aynı hayvan fosilleri bütün kıtaların bir zamanlar bir arada bulunduğunu doğrulamaktadır. Hayvanların aradaki binlerce kilometrelik okyanusları yüzerek geçmiş olabilecekleri düşünülemez.

Dünya yüzeyinin yaklaşık 6500 kilometre derinliğine kadar olan bölge büyük çoğunlukla kayalardan meydana gelmiştir. Kayaların önemli bir kısmı, Dünya'nın oluşumu sırasında büyük sıcaklıktaki erimiş malzemenin kristalleşmesi sonucu meydana gelmiştir. Oksijen, silikon, alüminyum, demir, kalsiyum, sodyum, magnesyum ve potasyum elementleri atomlarının yüksek sıcaklıklardaki değişik birleşmesiyle, Dünya'nın değişik katmanlarında çeşitli kaya türleri oluşmuştur. Aşağılarda büyük basınç altında daha yoğun kayalar, Yukarılarda da alüminyum, silikon ve potasyum gibi hafif elementler, daha az yoğun kayalar şekillenmiştir. Bir kısım kaya ise 'kaya devresi' denilen bir proses sonucu devamlı şekilde oluşmaktadır.

Bu proseste, Güneş'ten gelen ısı yeryüzündeki suları buharlaştırır ve atmosferde bulut haline dönüştürür. Devamlı hareket eden bulutlar soğuk bölgelere gelince yağmur veya kar olarak yere iner. Yere düşen yağmur suyu kayaları aşındırır ve nehirler çıkan artıkları düz yerlere veya denizlere taşır. Denizlerin dibinde kum halinde biriken bu kaya artıkları basınç altında birleşerek kaya haline dönüşür. Alt bölgelerdeki malzeme, yukardan gelen büyük basınç ve içerden gelen ısı ile sertleşir. Dünya'nın sıvı tabakasından yukarı çıkan erimiş kayalardan oluşan sıcak magmalar denizlerin altında yeni oluşan kayalar tarafından tutulur, bir kısım magma ise volkan

şeklinde yüzeye çıkar. Bu arada birbiri ile çarpışan plakaların sıkıştırdığı aradaki kayalar yüzeye itilir. Yüzeyden aşınma yolu ile içeri giren kaya malzemesi ile aşağıda magma şeklinde veya kıtaların sıkıştırmasıyla yüzeye çıkan kayalar bir denge oluşturur.

Dünya yüzeyinin %70'i sularla kaplıdır. 'Hidrosfer' adı verilen suların kütlesi atmosferin 275 katıdır. Yeryüzündeki suların büyük bir kısmı okyanuslarda toplanmış olup, bütün suların yaklaşık 50'de biri göllerde biriken tatlı sulardır. Okyanusların ortalama derinliği 3.7 kilometredir. Okyanusların diplerinde derin ve uzun yarıklar yer almıştır. Yarıkların en büyüğü yaklaşık 11.000 metre derinliğindeki Pasifik okyanusunun Filipin adalarının açıklarında bulunan Mariana çukurudur. Karaların üzerinde de önemli miktarda su buz halinde yer alır. Buzların %85'i Antarktika kıtasında bulunur.

Yeryüzü üzerindeki iklimlerin, Dünya'nın Güneş etrafında dönüşü sırasında ona olan uzaklığı ile bir ilgisi yoktur. Çünkü yörüngesi tam bir daireye çok yakın bulunmaktadır. Farklı iklim şartlarının esas sebebi Dünya ekseninin, hafif eliptik olan yörünge düzlemiyle yapmış olduğu eğikliktir.

Eksendeki 23.5 derecelik eğiklikten dolayı Güneş'e doğru eğilmiş olan kuzey yarı küresine, Güneş ışınları atmosferi geçerek daha kısa ve çabuk yoldan ulaşır. Dolayısıyla, daha az miktarda ısı kaybeden ışınlar bu süre içinde kuzey yarı küresini, güney yarı küresinden daha fazla işitir. Bu sırada kuzeyde yaz, güneyde kış mevsimleri yaşanır. Dünya, yörüngenin tersi tarafına ulaştığında, bu defa, eksenin eğikliği Güneş'in aksi tarafına dönmüş olur ve kuzey Güneş'ten uzaklaşmış, güney ise ona yaklaşmış olur. Yörüngenin diğer tarafında yol alan Dünya'nın güney yarı küresine gelen Güneş ışınları kuzeyden daha fazla olur. Dolayısıyla bu süre içinde kuzeyde kış, güneyde ise yaz mevsimleri yaşanır.

Eksenin kuzey ucunun Güneş'e doğru eğik durumunda, Güneş ışınlarının kuzeyde daha kısa atmosfer tabakasını geçip oraya daha fazla miktarda ısı göndermesinin yanında, kuzey yarı küresinde bir gündüz süresi daha uzun olur. Bu sırada kışı yaşayan güney yarı küresinde gündüz süresi daha kısadır.

Dünya'nın Güneş'e en yakın ve en uzak konumları arasındaki fark 5 milyon kilometre veya aralarındaki uzaklığın %3.3'ü kadardır. Dünya, yörüngesi üzerindeki hareketi sırasında farklı hızlarda yol alır. Yakın konuma gelince hızı artar, uzak konumda hızı yavaşlar. Bu yüzden, Dünya üzerindeki mevsimlerin süreleri eşit olamaz. Dünya Güneş'e en yakın konumdayken güney yarı küre Güneş'e doğru eğik olur ve orada yaz ortası, kuzeyde ise kış ortası yaşanır. Dünya'nın yörüngesi tam bir daire olsaydı, güneydeki yazlar daha sıcak, kuzeydeki kışlar ise daha ılık, güneydeki kışlar daha soğuk, kuzeydeki yazlar daha serin olacaktı.

Bundan yaklaşık 13.000 yıl sonra Dünya kutuplarından geçen dönüş ekseni aksi yöne dönecek ve şimdiki durumun tersi yaşanacaktır. Kuzeydeki yazlar daha sıcak, kışlar ise daha soğuk geçecektir. Güneyde ise serin yazlar ve ılık kışlar yaşanacaktır. Dünya'nın ekseni ve yörüngesindeki bu küçük değişiklikler her 100.000 yılda bir önemli mevsim değişikliklerine neden olmaktadır. Şu anda 'büyük ilkbahardan' yeni çıkılmış ve 'büyük yaza' girilmektedir. Sonra 'büyük sonbahar' mevsimi, daha sonra da buzul çağının başlayacağı 'büyük kışa' girilecektir. Bu durumda her mevsim değişikliğinin arasında 50.000 yıl gibi bir süre bulunmaktadır.

Dünya'nın gece, gündüz, yaz ve kış itibariyle şimdiki ortalama sıcaklığı 15 derecedir. Bundan 100 yıl önce aynı ortalama 14.5 dereceydi. Sanayi çağının başlamasıyla atmosferdeki karbondioksit miktarı iki katına çıkmıştır. Buna, Dünya üzerinde yakılan kömür, petrol, gaz ve ormanların

azalması sebep olmaktadır. Karbondioksit miktarının artması yeryüzünün sıcaklığını büyük ölçüde yükseltecektir. Çünkü Güneş'ten daha fazla kızılötesi ışın yeryüzüne ulaşacak, sıcaklık arttıkça denizlerdeki su ısınacak, kuzey ve güney kutuplarındaki buzlar eriyecek ve okyanus suları yükselecektir.

Ekvatora dik, kutuplara eğik bir durumda gelen Güneş ışınları iki bölge arasında büyük ısı farkı yaratır. Ekvator bölgesinden yükselen sıcak hava kutuplara doğru hareket eder. Kuzey ve güney yarı kürelerin 30'cu enlemlerine ulaşan sıcak hava buralarda soğuyarak aşağı iner ve tekrar ekvator bölgesine döner. Devamlı bir hareket halinde bulunan hava akımları, Dünya'nın dönüşüyle birlikte, ayrıca okyanus ve karalardaki sıcaklık farklılıklarının etkisiyle karışık bir durum alır. Büyük miktardaki ısınmış hava kütlesi yükselince fırtınalar oluşur. Sıcak hava soğuyunca su buharı meydana gelir, bulutları şekillendirir. Bulutların yoğunlaşmasıyla yağmur ve kar yağar. Bu sırada yerden yükselen yeni hava boşluğu doldurur. Bütün bunlar atmosfer içinde devamlı hava hareketlerine sebep olur.

Dünya'yı saran atmosferin en önemli özelliklerinden biri, yeryüzünün sıcaklığını sabit tutmasıdır. Atmosferde yer alan su buharı ve karbondioksit arasındaki soğurma farkları, Dünya radyasyonunun %70'inin uzaya kaçmasına sebep olur. Radyasyonun %30'u yeryüzüne geri döner. Güneş'ten gelen elektromanyetik radyasyonun kızılötesi ışınları ve görünen ışınların yeryüzüne indikten sonra yansıyarak uzaya kaçmaları atmosfer tarafından önlenir. Güneş'ten gelerek atmosferin altında saklanan ısı ile, yeryüzünden uzaya kaçan ısı birbirini dengeleyerek yüzey sıcaklığını aynı seviyede tutar. Bu olaya 'sera etkisi' adı verilir. Bu sırada Güneş'ten gelen radyasyonun bir kısmı atmosferdeki karbondioksit ve metan molekülleri tarafından uzaya yansıtılarak içeri girmesine izin verilmez. Zira, karbondioksit atmosferdeki gazlar içinde kızılötesi radyasyona

karşı en az saydam olanıdır ve canlıların yaşamı için şart olan sera etkisinin en önemli unsurudur. Atmosferdeki karbondioksit miktarı arttıkça, içerde hapsolmuş radyasyonun dışarı çıkması zorlaşacak ve çıkan radyasyonlar arasındaki denge bozulacak ve Dünya yüzeyinin sıcaklığı devamlı olarak yükselecektir. Son 50 yıldır bu durum yaşanmaktadır.

Dünya, Güneş'in 'ekosfer' bölgesinin içinde yer almıştır. Ekosfer, Dünya'nın bulunduğu yerde, 10 milyon kilometre kalınlığında bir bölgeye verilen isimdir. Ancak bu bölge içinde yaşam şartları şekillenebilecek olup, Dünya'nın bu konumu tamamen bir 'tesadüf' sonucudur. Ekosfer içinde, sıvı su ve oksijen ihtiva eden atmosfer gibi şartlara sahip başka bir gezegen bulunmamaktadır.

Dünya, Güneş ve Ay'la birlikte üçlü bir sistem teşkil eder. Dünya'nın Güneş'in etrafında döndüğü gibi, Ay'da Dünya'nın etrafında döner. Dünya ve Ay'ın merkezleri arasındaki ortalama uzaklık 384.390 kilometredir. Ay, Dünya etrafında onun merkezinin etrafında dönmez. Ay ve Dünya, merkezlerini birleştiren doğru üzerinde bulunan ortak bir çekim merkezi etrafında dönerler. Dünya'nın kütlesi Ay'dan 81 kat daha fazla olduğundan bu çekim merkezi, Ay'ın merkezine göre Dünya'nın merkezine 81 defa daha yakın bulunur. Ortak çekim merkezi Dünya merkezinin 4750 kilometre uzağında, yani Dünya'nın içinde bir nokta olup Ay'ın merkezinden ise 384.750 kilometre uzaklıktadır. Her iki cisim Dünya yüzeyinin 1600 kilometre altında bulunan bu nokta etrafında döner.

Ay Dünya etrafında dönerken, her iki gök cismi birbirine bir çekim kuvveti uygular. Ay'ın Dünya'ya uyguladığı çekim, Dünya'nın ona tatbik ettiği kuvvetten 23.5 kat daha az olmasına rağmen yeryüzü yüzeyinin kabarmasına sebep olur. Dünya'nın Ay'a bakan yüzü diğer yüzünden daha fazla etkilenir ve yüzeyler kabarır. Dünya'nın Ay yüzeyine uyguladığı bu 'gel-

git' etkisi 23.5 kat daha fazladır. Dünya üzerindeki kara ve suların devamlı yükselip alçalması sonunda oluşan iç sürtünme, Dünya'nın dönme enerjisinde azalmaya ve bir ısının meydana gelmesine neden olur.

Bu etki yüzünden Dünya'nın dönüşü bir miktar yavaşlar. Bir Dünya günü her 63.000 yılda 1 saniye kadar uzar. 4.6 milyar yıldan beri dönen Dünya'da günler bu süre içinde 14 saat kadar uzamıştır. İlk oluştuğu zamanlarda, Dünya bir dönüşünü 10 saatte tamamlıyordu. 400 milyon yıl önce bir gün 22.8 saat, bir yıl da 385 gündü. Dünya'nın dönüşündeki bu yavaşlama devam edecek ve sonunda sadece bir yüzü Ay'a dönük duruma gelecektir. Birbirlerinin dönme sürelerini uzatan bu iki gök cismi, açısal momentumun koruma yasasına göre, gittikçe birbirlerinden uzaklaşacaklardır.

Gerçekten de Dünya ve Ay arasındaki uzaklık devamlı artmaktadır. Ay, her dönüşünde Dünya'dan 2 milimetre kadar uzaklaşmaktadır. 4.6 milyar yıl önce aralarındaki mesafe 217.000 kilometreydi. Bundan 750 milyon yıl sonra Ay, Dünya'dan çok küçük görülecek ve Güneş tutulması olayı olmayacaktır.

Güneş'in ve Ay'ın Dünya'dan görülen çapları birbirine çok yakındır. Güneş'in çapı, Ay'dan milyonlarca kat daha büyük olmasına rağmen, aralarındaki büyük uzaklık farkından dolayı Dünya'dan görünen genişlikleri aynıdır. Bu durum bir 'tesadüf' sonucudur. Dünya'nın Güneş, Ay'ın da Dünya etrafındaki hafif eliptik hareketleri sırasında Ay bazen Güneş'in önüne gelir. Bu esnada Güneş'in yüzü kapanır ve 'Güneş tutulması' meydana gelir. Güneş'in önüne geçen Ay'ın gölgesi Dünya üzerinde 160 kilometrelik bir uzunluk oluşturarak, gölgenin içinde kalanların yaklaşık 7 dakika kadar Güneş'i görmelerini engeller. Gölgenin dışındakiler ise bu tutulma olayını göremezler.

Dünya ve Ay'ın yörünge düzlemlerindeki küçük bir eğimden dolayı, bazı durumlarda Ay Güneş'in yüzeyinin tamamını kapatır ve tam bir Güneş tutulması olur, bazen da yüzeyi tam kapayamaz ve Güneş Ay'ın etrafında bir çember şeklinde görülür. Ay, hareketi sırasında Güneş'in yönünün aksi tarafına gelince 'Ay tutulması' meydana gelir. Ay tutulmasında, ikisinin arasında kalan Dünya'nın gölgesi Ay'ı tamamen kapatır. Bu durumda Ay'ı ancak, Dünya'nın Ay'a bakan yüzünde bulunanlar görebilir. Ay tutulması, Güneş tutulmasından daha uzun devam eder ve her iki tutulmanın zaman ve süreleri önceden hesap edilebilir.

Dünya, Ay'ın aksine, canlı bir gezegendir. Sistemdeki gezegenlerin çoğunda hiç bir iç hareket yoktur. Olabilecek bütün değişiklikler olup bitmiş ve onlar ölü birer cisim olarak Güneş'in etrafında dönmektedir. Dünya'da durum çok farklıdır. İçinde 6600 dereceye varan büyük bir sıcaklık mevcuttur. Yüzeyi ise soğuktur. Yakınında yer aldığı Güneş ise Dünya'dan çok daha sıcak olup, oradan devamlı ısı gelir. Gündüzleri Güneş'ten ısı ulaşır, geceleri ise Dünya'dan dışarı ısı akar. Bu durum gezegeni canlı tutar. Bu ısı akışı, Dünya'nın atmosferi ve okyanuslarındaki molekülleri hareketli tutar. Moleküller birbiri ile devamlı etkileşerek yeni karmaşık yapıların ortaya çıkmasına sebep olur.

Dünya'nın merkezinde bulunan 6600 derece sıcaklıktaki sıvı malzemeden basınçla yüzeye itilen malzeme, volkan fışkırmalarına neden olarak Dünya yüzeyinde yeni oluşumları şekillendirir. Atmosferdeki hava hareketleri yıldırımları yaratır. Yıldırımlar havayı ısıtarak yeni molekülleri meydana getirir. Yıldırımların oluşturduğu asit yağmurları yeryüzüne inerek toprağı canlı tutar.

Dünya atmosferine uzaydan sayısız ufak cisim ve toz gelir. Atmosfere dalan tozlar su moleküllerine çarparak yağmurun

yağmasına sebep olur. Yere inen su tekrar buharlaşarak atmosfere çıkar. Güneş'ten gelen radyasyon ile Dünya merkezinden çıkan ısı arasında kalan Dünya yüzeyinde ve atmosferde süren bir proses yüzlerce milyon yıldır devam etmektedir. Bu yüzden Dünya, diğer gezegenlerin aksine, canlı kalmış bir gök cismi olup, üzerinde bir 'canlı yaşamı' oluşmuştur.

Gündüzleri uzaya bakıldığında gökyüzü 'mavi renkte' görülür. Bunun sebebi bir ışık olayının sonucudur. Güneş'ten gelen ışık atmosfere girince dağılır. Atmosferdeki gaz moleküllerine çarpan ışığın mavi ucu kırmızıdan daha fazla dağıldığından gökyüzü gündüzleri mavi görülür. Güneş'in batışı sırasında yeryüzüne ulaşan Güneş ışınları, öğle vaktinde gelenlere göre daha uzun bir atmosfer tabakasını geçmek zorundadır. Bu uzun atmosfer yolculuğu sırasında mavi ışık dağılır ve kırmızı ışık ortaya çıkar. Gün batımında Güneş'in 'kırmızımsı' görülmesinin nedeni budur. Öğlen vaktinde, Güneş ışınları tepeden ve en kısa yoldan yeryüzüne ulaştığı için Güneş çok parlak ve beyaz ışık şeklinde görülür.

Geceleri gök yüzünün, milyonlarca yıldıza rağmen, neden 'karanlık' görüldüğü uzun süre çözülememiştir. 1923'de Alman Heinrich Olbers bu konuya bir çözüm getirmişti. 'Olbers paradoksuna' göre, yıldızlar üniform bir şekilde dağılmamış olup, galaksilerin içinde gruplar halinde bulunur. Ayrıca evren statik olmayıp galaksiler birbirlerinden büyük hızlarda uzaklaşmaktadır. Evrenin 15 milyar yıl önce bir patlama ile başlamış bulunması, ışık hızına yakın hızlarda genişlemekte ve parlak gök cisimlerinin de bu genişlemeyle birlikte birbirlerinden ve Dünya'dan uzaklaşmakta olması gibi nedenler yüzünden, Güneş'in yok olduğu gece vakti gökyüzü Dünya'dan karanlık görülür. Bunların tersi olsaydı, yani evren genişlemeseydi, galaksiler bu genişlemeyle birbirlerinden ve

bizden uzaklaşmasalardı ve yıldızlar uzayda üniform bir şekilde dağılmış bulunsalardı, gökyüzü geceleri de 'aydınlık' görülürdü.

Uzaydaki, içlerinde birer nükleer enerjinin bulunduğu, gök cisimlerinden Dünya'ya çok sayıda ışın gelir. Bunlara 'kozmik ışınlar' adı verilir. Kozmik ışınların çoğu bir elektrik yükü taşıyan ve kütleleri bulunan atomik parçacıklardır. Proton, elektron, helyum çekirdeği ve diğer atom altı parçacığı halinde ortaya çıkan ışınlar çeşitli şekillerde atmosfere dalar. Bunlar oldukça büyük enerji taşırlar. Işınlar elektrik yüklü olduklarından, uzaydaki seyahatleri sırasında önlerine çıkan büyük gök cisimlerinin manyetik alanlarında hızlanır ve enerji kazanırlar. Kendilerini durduracak büyük bir cisme çarpıncaya kadar uzayda dolaşmalarını sürdürürler.

Kozmik ışınlardan birçoğu atmosfere girince oradaki gaz molekülleri tarafından soğurulur ve Dünya yüzeyine inmesine izin verilmez. Uzaydan ve Güneş'ten gelen kozmik ışınlardan, gamma ve x-ışınları atmosferin en üst tabakasında tutulur ve daha aşağılara inemezler. Morötesi ışınlar atmosferin 11'ci kilometresine kadar iner ve oradaki ozon tabakasında tutulurlar. kızılötesi ışınlar da 11'ci kilometrede tutulur. Radyo dalgalarının bir kısmı atmosferde tutulur, bir kısmı atmosferi geçmeyi başarır. Görünen ışık ise atmosferi geçerek yeryüzüne iner. Atmosferin en üst tabakası olan iyonesfer yüksek iyon bileşimlerini ihtiva ettiğinden bir ayna gibi çalışır ve yaşam için zararlı ışınların çoğunu dışarı yansıtır.

Kütlesi bulunmayan parçacıklar olan foton, graviton ve nötrinolar ise atmosferi ışık hızı ile geçerek yere inerler. Bir elektrik yükü taşımayan bu tür parçacıklar canlı yaşamı için zararlı değildir.

Uzaklarda Kimse Var mı ?

Bundan 15 milyar yıl önce meydana gelen Büyük Patlama ile evren şekillendi. Büyük Patlamadan 2 milyar yıl sonra, muazzam kütlelere sahip galaksiler ve içlerindeki sayısız yıldızlar oluştu. Trilyonlarca yıldızdan, diğerlerinden pek fazla özelliği bulunma- yan biri, Güneş'ti. Büyük Patlamadan yaklaşık 10 milyar yıl sonra, Samanyolu galaksisinin eteklerinde şekillenen 'Güneş' ismindeki yıldızla birlikte dokuz tane gezegen yaratıldı. Bunlardan biri Dünya'idi.

Samanyolu, evrendeki 100 milyar galaksiden biridir. İçinde barındırdığı 200 milyar yıldızla orta boyutlu bir galaksidir. Güneş, bu 200 milyar yıldızdan tekidir. Belirgin bir özelliğe sahip değildir. Fakat, Dünya ismindeki gezegenin ise çok büyük bir özelliği bulunmaktadır. Çünkü üzerinde bir 'canlı yaşam' yaratılmıştır. Gelişmiş uygarlığa sahip insanoğlu, bu gezegenin üzerinde yaşamaktadır. Evrenin 15 milyar yıllık

evrim süresi içinde, Büyük Patlamadan yaklaşık 11 milyar yıl sonra oluşan ilkel bir hücreden meydana gelen insanoğlu, bugün evrende 'tek başına' olup olmadığını araştırmaktadır.

Acaba, bu uçsuz bucaksız evren sadece insanoğlu için mi yaratıldı, yoksa insanoğlu evrende, en az kendi uygarlık seviyesindeki milyarlarca canlı türünden sadece biri mi ?

Dünya üzerinde ileri bir zeka düzeyine sahip bir canlı türünün oluşması için evrenin 15 milyar yıl, Dünya'nın da 4.5 milyar yıl yaşlarına ulaşması gerekti. Dünya üzerinde ilk ilkel canlı türünün ortaya çıkması için bir milyar yılın geçmesi beklendi. Geri kalan 3.5 milyar yıl içinde ilk ilkel hücreden milyonlarca tür üredi ve yeryüzü üzerindeki bugünkü zengin yaşamı oluşturdu.

Dünya üzerindeki yaşam türlerinin zenginliği ve karışıklılığı, Büyük Patlamadan beri geçen süre içindeki evrimin, bunun için yeterli olup olmayacağını şüpheli kalmaktadır. Alternatif bir açıklama ise uzayın derinliklerinden gelen karışık moleküllerin Dünya üzerindeki zengin canlı yaşamının evrimini hızlandırdığı şeklindedir. Son zamanlarda, uzaydan gelip yeryüzüne düşen gök taşları üzerinde bulunan moleküller bu teoriyi güçlendirmektedir.

Evrendeki yerimizi ve durumumuzu değerlendirmek için evreni bir bütün olarak anlamak, onun geçmiş ve geleceğini öğrenmek ve canlı yaşamının sırlarını çözmek gerekmektedir. Evrenin 'başka bir yerinde canlı yaşam mevcut olabilir mi' sualine cevap: olmaması için hiçbir sebep yoktur. Evrendeki trilyon defa trilyon sayıdaki yıldızdan biri olan Güneş'in yakınındaki Dünya üzerinde bir yaşam olduğu gibi, diğer birçoğunda da olmalıdır.

Dünya üzerindeki yaşam türleri 3.5 milyar yıl içinde bugünkü zenginliğine ulaştığına göre, çok sayıda yıldızın etrafındaki diğer gezegenlerde de, Dünya'dakine benzeyen veya

ondan tamamen farklı yaşam türleri mevcut olabilir. Bazılarında canlı türleri evrimlerini bitirmiş ve yok olmuş da olabilir. Bazıları ise henüz evrimlerinin başında, ilkel hücre safhasında da olabilir. İnsanoğlunun, bundan 50.000 yıl önce yaşamış Homo Sapiens'e göre daha akıllı olduğu düşünüldüğünde, bazı gezegenlerde bizden daha zeki yaratıkların bulunduğu büyük ihtimaldir.

Bizim bildiğimiz yaşam türü sadece Dünya üzerinde bulunan şekillerde olandır. Onların dışındaki yaşam şekilleri ile henüz karşılaşılmamıştır. Bildiğimiz canlı türlerinin yaşayabilmeleri için Dünya benzeri bir gezegene ihtiyaçları bulunmaktadır. O gezegende suyun sıvı halde bulunması şarttır. Dolayısıyla, gezegenin yüzey sıcaklığının suyu sıvı durumda koruyabilecek şartlarda, yani 0 ile 100 derece arasında olması gerekir. Gezegenin ayrıca, yıldızından gelen ölümcül radyasyonları tutacak, üzerindeki canlıları onların zararlarından koruyacak bir atmosfere sahip bulunması da şarttır. Bunlar bizim bildiğimiz anlamdaki yaşam türleri için gerekli olan şartlardır. Evrenin başka bölgelerinde bütün bunlara gerek duymayan çok farklı canlı türleri de bulunuyor olabilir.

Bizlerden farklı şekillerdeki canlı türleri hakkında elde henüz en küçük bir belirtinin bile bulunmaması karşısında, evrenin diğer bölgelerinde olabilecek yaşamları ancak Dünya üzerindeki şartları ve türleri 'referans' olarak yapabilmekteyiz. Zira, bu konuda başka bir şansımız mevcut değildir. Bizlerin dışında, evrende, daha birçok gelişmiş zeka düzeyine sahip uygarlığın bulunabileceği konusundaki en büyük dayanağımız evrende bizimki gibi trilyonlarca yıldız ve gezegenin mevcut olduğunu bilmemizdir. Ve, bizim Güneş ve gezegenimizin, trilyonlarcasının içinde canlı yaşama sahip tek gezegen olması için herhangi bir özelliğinin bulunmamasıdır. Ayrıca, Dünya'daki canlı yaşamının temel maddesi olan karbon

elementi evrenin her yerinde bol miktarda mevcut olup, yıldızlararası boşluklarda organik moleküller radyo teleskoplarla tespit edilmiştir.

Her ne kadar diğer katı gezegenler gibi yüksek yoğunluktaki bir çekirdek üzerinde yer alan manto ve onun dışında bulunan kabuğa sahip olsa da, Dünya'yı biricik kılan özellik üzerinde canlı yaşama sahip olmasıdır. Sahip bulunduğu canlı yaşam, mikroskobik boyuttaki bakteriden dev ölçüdeki balinalara, bir saniyelik virüslerden binlerce yıllık ağaçlara kadar milyonlarca farklı türü barındırır.

Dünya üzerinde yaşam için ideal şartlar mevcuttur. Sıcaklığı ne çok yüksek, nede çok düşüktür. Atmosferi, yıldızından gelen ölümcül radyasyonu canlılardan uzak tutmaktadır. Kimyasal ve biyokimyasal koşulları tam bir denge halindedir. 15 derecelik ortalama sıcaklığı, üzerindeki suyu sıvı durumunda muhafaza etmektedir. Atmosferi içindeki volkanik aktiviteler arasındaki karbon dioksit akışı, iklimindeki devamlı değişimler, bitkilerle hayvanlar arasındaki fotosentez prosesi, yüzeyindeki su ve karbonun sürekli bir devir halinde bulunması, üzerinde bulunan canlı yaşamın devam etmesini temin etmektedir.

Bütün bu şartlara sahip olan Dünya, ait bulunduğu yıldızının ekosferi içinde yer alan tek gezegendir. Milyarlarca yıl önce meydana gelen ilkel türlerden gelişen şimdiki uygarlık, yeryüzü üzerinde yaşamış tek zeki canlı türü olup, ondan önce yaşamış başka bir uygarlığın izine rastlanmamıştır.

Dünya üzerindeki canlı yaşam okyanusların içinde gelişmiştir. Canlıların temel unsuru olan hücre sıvısı, okyanus suları ile aynı özelliklere sahiptir. Bütün canlıların yaşamı suya dayanır. En kurak çöllerde yaşayan canlılar bile ihtiyaçları olan suyu çeşitli yollardan elde eder. Suyun bulunmadığı bir ortamda canlı yaşamı düşünülemez.

Katı halde bir yaşam bulunamaz. Çünkü katılarda moleküller birbiri ile temas halindedir ve bu durumda yaşamı yürütecek kimyasal reaksiyonlar son derece yavaştır. Katı hallerde bir canlı yaşam oluşamaz. Gaz halinde moleküller rasgele hareket ederek homojen bir yapı oluşturur. Yaşamı oluşturan karmaşık moleküller gaz halinde parçalanarak dağılırlar. Gaz halinden de bir yaşam ortaya çıkamaz. Bizim bildiğimiz yaşam türü ancak sıvı temelli olabilir. Yaşamı oluşturacak kimyasal reaksiyonlar ancak sıvı hallerde devam edebilir. Sıvı temelli olmayan yaşam türleri bulunsa bile bunlar bizim bilgimiz dışındadır.

Dünya'nın en yakın komşusu olan Ay'da herhangi bir canlı yaşamı bulunmamaktadır. Çünkü Ay ölü bir gezegen olup, su ve atmosfere sahip değildir. Ay'ın dışındaki diğer uydu ve asteroitlerde de herhangi bir yaşam olamaz. Bunlarda sıvı su bulunmadığı gibi, büyüklükleri bir atmosferi tutmaya yeterli değildir. Atmosferleri bulunmadığından yüzey ısıları ya çok sıcak, yada çok soğuktur.

Güneş'e en yakın gezegen olan Merkür'ün yüzey sıcaklığı gündüzleri 350 geceleri ise -170 derecedir. Bazı uzun günler sıcaklığı 430 dereceye ulaşır. Bu sıcaklıklarda gezegende sıvı su bulunamaz. Güneş'in radyasyonundan koruyacak bir atmosferinin de bulunmaması nedeniyle Merkür'de herhangi bir yaşam türü yoktur.

Venüs, Dünya'dakinin 90 katı daha yoğun bir atmosfere sahiptir. Atmosferi karbondioksitten oluşmuştur. Yüzey sıcaklığı 465 dereceye ulaşır. Bu şartlara sahip Venüs üzerinde de bir yaşam düşünülemez.

Mars, üzerindeki şartlar Dünya'ya en yakın olan gezegendir. Ortalama yüzey sıcaklığı -23 derece olup, mevsimleri Dünya'dakine benzemektedir. Karbondioksit gazından oluşan atmosferi çok ince ve oksijenden yoksundur. Kuzey ve güney

kutuplarında bulunan sular buz halindedir. Zaman zaman güçlü rüzgarların yüzeyden kaldırdığı toz bulutları bütün gezegeni kaplamaktadır. Geçen yüzyıllarda Mars'ta bir yaşamın bulunduğuna inanılmış olsa da, 1976 yılında gezegene inen uzay araçları orada bakteri düzeyinde bile olsa herhangi bir canlı izine rastlamamıştır.

Mars'ın ilerisindeki dört gaz devinden Jüpiter Suyun 1.33 katı yoğunluktadır. Gezegenin yüzey sıcaklığı -150 derece olup katı bir yüzeye sahip değildir. Atmosferinin çoğunluğu hidrojen gazından, çok küçük bir miktarı ise su buharından oluşmuştur. Büyük kütlesi nedeniyle yüzeyinde güçlü bir çekim kuvveti mevcuttur. Yüzeyinin soğuk olmasına karşın gezegenin iç yapısındaki sıcaklık 30.000 dereceye ulaşmaktadır. Bu şartlar altında Jüpiter'de organik maddeler oluşamaz.

Diğer gaz devleri olan Satürn, Uranüs ve Neptün gezegenleri Jüpiter'e benzer yapılara sahiptir. Bunların yüzey sıcaklıkları -180 ile -220 derece arasında değişmektedir. Yoğunlukları çok düşük olan gezegenlerin yüzeyleri gazlarla kaplanmıştır. Atmosferlerinde oksijen gazı ve yüzeylerinde sıvı su bulunmamaktadır. Her üç gezegende de herhangi bir yaşam mevcut değildir.

Pluto ve uydusu Charon, sistemdeki en soğuk ve en az Güneş ışığı alan gezegenlerdir. -230 derecelik sıcaklığı ile yüzeyleri buzlarla kaplıdır. Güneş'ten bu kadar uzaklıkta yer alan, sıvı suyu ve oksijeni bulunmayan küçük ve soğuk bir gezegende herhangi bir canlı yaşamı düşünülemez.

Yaşam için gerekli olan serbest su, uygun atmosfer, yeterli miktarda yıldız enerjisi gibi koşullar Dünya dışındaki hiç bir gezegende bulunmamaktadır. Ayrıca, gelişmiş uygarlık için hem okyanuslara hem de karalara sahip yeterli yoğunlukta bir gezegen olması gerekir. Bütün bu şartlar sadece Dünya için geçerlidir. Son yirmi yıl içinde bazı gezegenlere indirilen ve

diğerlerinin yakınlarından geçen uzay araçlarının getirdikleri numuneler ve gönderdikleri bilgiler Güneş sisteminin diğer üyeleri üzerinde bakteri düzeyinde bile olsa hiçbir canlı yaşamının mevcut bulunmadığını teyit etmiştir.

Evrendeki 100 milyar galaksiden biri olan Samanyolu'nun içinde en az 200 milyar yıldızın bulunduğu hesap edilmektedir. Andromeda gibi büyük galaksilerdeki yıldız sayısı ise daha fazladır. Civarımızda yer alan birçok yıldızın gezegen sistemine sahip bulunduğu yapılan gözlemlerde anlaşılmıştır. Samanyolu içindeki yıldızların en az yarısının Güneş boyutunda oldukları, ona benzer dönme hızına ve yüzey sıcaklığına sahip ve gezegenlerinin bulunduğu düşünülebilir. Güneş'ten daha küçük yıldızlar yetersiz sıcaklıklarıyla gezegenlerini ısıtamayacak, daha büyük olanlar ise aşırı sıcaklıklarıyla gezegenlerini yakıp kurutacaklardır.

Uygun yıldızlara sahip gezegenlerin bir kısmının yıldızlarının ekosferi içinde döndükleri tahmin edilmektedir. Bu gezegenlerden bazılarının yaşam için uygun birer atmosfere sahip oldukları, yüzeylerinde sıvı halde suyun bulunduğu, okyanusların yanında karaların da yer aldığı muhtemeldir. Bazılarının eksen eğiklikleri ve dönme hızları yüzeylerinde uygun iklim şartlarını sağlıyor olmalıdır. Birçoğunda gezegeni canlı tutan iç volkanik faaliyetler bulunmalıdır. Böyle gezegenlerin bir kısmının, üzerlerindeki canlı yaşamı bakteri düzeyinden gelişmiş uygarlık seviyesine çıkabilmesi için, en az beş milyar yaşında oldukları tahmin edilmektedir.

Yapılan tahmin hesaplarına göre sadece kendi galaksimiz içinde ileri uygarlık seviyesindeki canlı yaşama sahip gezegen sayısı 100.000'nin üzerindedir. 100 milyar galaksi göz önüne alındığında evrendeki uygarlıkların sayısı tahmin edilebilir.

Evrende, ileri zeka derecesine sahip 'tek canlı' olmamız için hiç bir sebep yoktur. Bizim, Dünya ismindeki gezegen üzerinde

bulunmamız en azından, bu ihtimali 'sıfırın üstüne' çıkarmaktadır. İhtimal trilyonda bir bile olsa, evrende 'bir milyar' uygarlığın var olduğu hesap edilir.

Her an sayısız yıldız ve gezegenin öldüğü ve yenilerinin doğmakta olduğu göz önüne alındığında, uygarlıklar da yıldızlarla birlikte doğmakta, gelişmekte ve son bulmaktadır. Sonra yeni gezegenlerde yeni uygarlıklar ortaya çıkmakta ve sistem devamlı olarak genişlemekte olan evrenle birlikte sürmektedir.

Fakat, bütün ihtimallere karşılık diğer uygarlıkların varlığını belirten herhangi bir ize henüz rastlanmamıştır. Bu durum, onların mevcut olmadıklarını da ifade etmemektedir.

Evrensel Haberleşme

Dünya üzerinde yaşayan insanlar arasındaki haberleşme yolları, onları gezegende yaşayan diğer canlılardan ayıran önemli özelliklerden biridir. İnsanoğlunu biricik kılan şeylerden birisi de, eğer varsa, evrendeki diğer yaratıklarla haberleşme imkanlarına sahip bulunmasıdır.

Bundan 150 yıl öncesine kadar haberleşme, en hızlı atlarla veya kuşlarla yapılıyordu. 1888'de Hertz radyo dalgalarını keşfetti. 1900 yılında Marconi ilk radyo dalgalarını İngiltere'den Amerika'ya gönderdi. 1907'de radyo, 1926'da ilk televizyon yayını başladı. 1932'de yıldızlardan gelen radyo dalgalarının keşfi üzerine, 1945'de radyo astronomi bilimi başladı. 1960'larda radyo teleskoplar kurulmaya başladı.

1900 yılından itibaren, daha önceleri at ve kuşlarla yapılan haberleşmenin hızı 22 milyon kat arttı. Çünkü artık haberleşme ışık hızı ile yol alan radyo dalgaları ile yapılmaya başlandı. Hiç bir şey ışık hızından daha hızlı gidemeyeceğinden, haberleşmede son hıza ulaşmış bulunmaktayız.

Uzaydaki yıldızlararası boşluğa ilk sinyallerimiz, 1900 yılında radyo dalgalarının nakli, 1907'de radyo ve 1926'da ilk televizyon yayınlarının başlaması ile çıktı. Radyodan daha önce uzaya sinyal gönderecek bir cihaz mevcut değildi. En güçlü ışık ışınları bile uzayda bir süre sonra belirsiz oluyordu. Radyo ve televizyonlardan çıkan ve uzayın her yönünde ışık hızı ile yol alan sinyaller sadece birer radyo dalgası olup, oldukça zayıf ve herhangi bir mesaj taşımayan şeylerdir. Evren zaten bu tip elektromanyetik dalgalarla doludur. Bunlar, mevcudiyetimizi diğer uygarlıklara haber vermenin çok uzağındadır.

1900'lerin ortalarından itibaren, yeryüzündeki radyo teleskoplardan uzaya sayısız sinyal gönderilmektedir. İlk sinyallerin ulaşabildiği en uzak mesafeler 70-90 ışık yılı kadardır. Sadece içinde bulunduğumuz galaksinin ortasına olan uzaklığımızın 30.000 ışık yılı olduğu düşünüldüğünde ilk sinyalimiz bile daha yolun başında sayılabilir. 70-90 ışık yılı uzaklık içindeki gezegenlerde zeki uygarlıklar bulunmuyor olabilir. Bulunsa bile, sinyallerimiz onlara bir şey ifade etmemiş olabilir veya cevap olarak gönderdikleri karşı sinyallerin bize ulaşması bir 70-90 yıl daha alacak olabilir.

1967 yılında uzaydan güçlü radyo sinyalleri alındı. Önceleri bunların diğer uygarlıkların gönderdiği kodlanmış bilgileri ihtiva eden mesajlar olduğu sanıldı ve gönderen yaratıklara LGM'ler (Little Green Men) adı verildi. Sonra, bu sinyallerin pulsar'ların çıkardığı kuvvetli radyo dalgaları olduğu anlaşıldı. Bu keşif ile birlikte ve radyo astronominin yardımıyla uzayı dinleme ve dışarı özel mesaj gönderme devri başlamış oldu. Uzaklara çok güçlü sinyaller gönderebilecek özel radyo teleskoplar kuruldu.

Diğer uygarlıklarla temas için ilk ciddi ve etkili çalışma 1974 yılında başladı. Porto Riko'da kurulu, Dünya'nın en

büyük radyo teleskopu bu iş için kullanıldı. Amaç, Herkules yıldızlar kümesinde yer alan M13 topluluğunda bulunan birkaç bin adet yıldızda olabileceği düşünülen gezegenlerde, yaşıyor olması muhtemel uygarlıklarla temas kurmaktı.

Porto Riko'daki radyo teleskoptan M13 grubuna yönlendirilen kodlanmış mesajlarda Güneş sistemimiz ve Dünya üzerindeki yaşam anlatılıyordu. Bütün hazırlıkların yapılması ve mesajların gönderilmesi zor olmadı. Bu işteki en büyük zorluk, M13 yıldızlar topluluğunun bizden 25.000 ışık yılı uzaklıkta olmasıydı. Mesajlarımızın bu topluluğa ulaşması 25.000 yıl, orada gelişmiş ve bize cevap verebilecek düzeyde bir uygarlık bulunduğu takdirde onların mesajlarını almak bir 25.000 yıl daha sürecektir. Yani, bu topluluktan bir haber almak için toplam 50.000 yıl beklemek gerekecektir. Tabi, eğer mesajımıza hemen cevap verme zahmetine katlanırlarsa.

Yıldızlar arası haberleşme uzmanı Amerikalı Frank Drake, Dünya üzerindeki bizlerin kullandığı lisandan tamamen farklı lisan olan, evrendeki diğer uygarlıklarla haberleşebilmek için iki temel sistem geliştirdi. Birinci sisteme göre, diğer uygarlıklara gönderilecek mesajları çizimler ve diyagramlar haline sokmak ve gönderenin yerini astronomik bilgilerle anlatmak, ikincisine göre ise, evrenin ortak lisanı olan matematiği kullanmak gerekiyordu.

1973 yılında uzaya fırlatılan ve şu anda yıldızlararası boşlukta yoluna devam etmekte olan Pioneer-10 aracına konan altın kaplamalı bir plaka üzerine muhtelif şekiller çizildi. Bunlar, bir kolunu barış anlamında kaldırmış erkek ile kadın resimleri, boylarının uzunluğunu ifade etmek için yanında durdukları o uzay gemisinin şekli, en basit element olan hidrojen atomunun diyagramı, Güneş ve dokuz gezegenini gösteren şekiller ve uzay gemisinin Dünya'dan yola çıktığını belirten izdi. Ayrıca plakada, o yıllarda bilinen 14 tane pulsara

göre Güneş sisteminin pozisyonu da gösterilmişti. Bu pulsarların her birinin sinyal periyotlarını ifade eden çizgi uzunluklarını okuyan yabancı uygarlıklar evrendeki yerimizi tespit etmekte zorluk çekmeyeceklerdi. Aynı bilgileri taşıyan başka bir altın plaka, aynı yıllarda uzayın farklı bir yönünde yol alması için fırlatılan Pioneer-11'e de kondu.

Pioneer'lerden dört yıl sonra Voyager araçları fırlatıldı. Voyager'lere daha farklı şeyler kondu. Video bantlarda bilimsel bilgiler, yeryüzüne ait görüntüler, Dünya üzerinde yaşayan canlıların sesleri, değişik lisanlarda selam ifadeleri, Bach'dan rock-and-roll'a kadar çeşitli müzik parçaları yer alıyordu. Pioneer araçları 1984'de, Voyager'ler ise 1988'de Güneş sistemini terk ederek yıldızlararası boşluğa daldılar. 80.000 yıl sonra bu uzay araçları bize en yakın yıldızın mesafesine, yani bizden 5 ışık yılı uzaklığa ulaşmış olacaklardır. Araçların, üzerinde gelişmiş bir uygarlığın yaşadığı bir gezegenin çekimine takılması, içindeki bilgilerin okunması ve yerimizin anlaşılması son derece zayıf bir ihtimaldir. Yine de sıfır olmayan bu ihtimalin gerçekleşmesi ise milyonlarca yıl sürebilir.

Diğer uygarlıklarla, onlardan gelecek mesajları 'dinleme' yolu ile temas kurmadaki şans daha fazladır. Çünkü gelecek ve gönderilecek mesajlardaki hız, ışık hızıdır. Bunun için 1992'de SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) adı verilen bir proje teşkil edilmiştir. Proje kapsamındaki radyo teleskoplar uzayı devamlı olarak dinlemekte ve elde edilen radyo sinyallerinin analizini yapmaktadır. Analizlerin sonunda sinyallerin herhangi bir mesajı taşıyıp taşımadıkları anlaşılmaktadır. Şu ana kadar, uzaydaki bir uygarlıktan geldiğini belirten 'herhangi' bir mesaj elde edilmemiştir. SETI, 80 ışık yılı uzaklık içindeki binlerce yıldızı taramaya devam etmektedir.

1974 yılından itibaren Porto Riko'daki dev radyo teleskopla uzaya gönderilen mesajlarda, bilgisayar gibi bütün elektronik ekipmanlarda kullanılan çiftli aritmetik sistemi temel alındı. Böylece elde edilen 1679 tane açık ve kapalı sinyal, beyaz ve siyah sıralı resimleri ortaya çıkardı. Bu sistemle elde edilen mesajda, Dünya'daki yaşamın temeli olan hidrojen, karbon, azot, oksijen ve fosfor elementleri, bir DNA ve RNA molekülündeki nükleoditler, DNA molekülünün şekli, bir insan vücudunun biçimi ve boyu, Dünya nüfusu, Güneş sisteminin özellikleri gibi birçok bilgi uzaya gönderildi.

Dünya'dan gönderilen mesajların uzaydaki bir uygarlık tarafından alınması halinde, onlar tarafından okunup çözülebilmesi için o uygarlığın radyo astronomi bilimine sahip bulunması, en azından bizim uygarlığımıza eşit bir seviyede olmaları gerekir. Bu seviyede bulunmayan diğer canlılar sinyallerimizi okuyamazlar. Bizim çok ilerimizde bulunanlar ise, mesajlarımızı okuduktan sonra, bizleri ilkel görüp mesajlarımıza cevap bile vermeyebilirler.

Yıldızlar arası haberleşmede, sinyallerin hangi yıldıza yönlendirileceği önemlidir. Yıldızlarda bir yaşam olamayacağından onun etrafında gezegenlerin bulunması şarttır. Bu yüzden sinyaller genellikle yıldızların bir arada bulundukları topluluklara yönlendirilmektedir. Çünkü binlerce yıldızın birbirine yakın konumda bulunduğu gruplarda, sinyallerimizin bir gezegene rastlama ihtimali daha büyüktür. Gönderilecek sinyalin gücü ve frekansı ise diğer önemli bir husustur.

Şu ana kadar gönderilen sinyallerimize herhangi bir cevap alınmamış olmasının nedenlerinden biri, sinyallerimizin ulaştığı gezegenlerdeki canlıların henüz ilkel bir yaşam sürmekte olmaları da olabilir. Belki, sinyallerimiz yeterli güçte olmamaktadır. Belki de, sinyallerimize cevaplar gönderildi,

fakat biz onların mesajlarını çözecek seviyede değiliz. Veya, diğer uygarlıkların mesajları henüz yolda olup, bizlere yarın, yada yüzlerce yıl sonra ulaşacaktır. 100 ışık yılı civarımızda herhangi bir uygarlık bulunuyor olsa bile, onların bugün gönderecekleri bir mesaj Dünya üzerinde yaşayacak yedinci nesil tarafından okunabilecektir. Onların mesajına verilecek cevaba beklenecek, karşı cevap için ayrıca bir 14 neslin yaşaması gerekecektir.

Şu ana kadar diğer zeki yaratıkların mevcudiyetine ait hiçbir mesaj veya sinyal alınamamıştır. Fakat bu durum, evrendeki tek gelişmiş uygarlık olduğumuz anlamına da gelmemektedir. Bazıları, uzaya sinyal göndermenin yerimizi evrendeki 'kötü niyetli' uygarlıklara belli etmek demek olduğunu ve zararımıza olacağını iddia etmekte iseler de, diğer zeki yaratıklarla temaslar kurmanın getireceği yararlar insanoğlu için çok daha fazladır.

Eğer, uzaydan üzerimize gelebilecek ve yaşamımızı sona erdirecek bir tehlikeli cisim karşısında Güneş sistemi içinde 'sıkışıp kalmak' istenmiyorsa, daha büyük ve güçlü radyo teleskoplar imal ederek, yıldızlararası haberleşme tekniğimizi geliştirmemiz gerekmektedir.

Kaçmak Mümkün mü ?

Bundan yüzyıl önce, Ay'a ulaşmak imkansız gibi görünüyordu. Bugün, insanoğlu Ay'a altı defa gitmiştir ve oraya üç günde ulaşabilmektedir. Fırlattığı yüzlerce uydu atmosferin dışında, Dünya etrafında dönüp durmaktadır. Bazı uzay araçları gezegenlere yumuşak iniş yapmış, bazıları ise halen Güneş sistemini terk ederek uzayın derinliklerinde yollarına devam etmektedir.

Sputnik-1 uydusunun 1957 yılında Dünya etrafındaki yörüngeye oturtulmasıyla uzay çağı başlamış oldu. Bundan iki yıl sonra Luna-3 aracı Ay'ın etrafında dönüş yaparak arka yüzünün ilk fotoğraflarını gönderdi. 1961 yılında atmosfer dışına fırlatılan Rus uzay aracında bulunan Yuri Gagarin uzaya çıkan ilk insan oldu. 1962'de fırlatılan Mariner-2 Venüs gezegeninin yakınından geçti. 1963 yılında fırlatılan araçtaki Valentina Tereshkova uzaydaki ilk kadındı. 1965'de Mariner-4, Mars'ın fotoğraflarını çekti.

Evren orada keşfedilmeyi bekliyordu. Fakat bu pek kolay olmuyordu. Önce Dünya'nın dışına çıkabilmek gerekiyordu.

Yeryüzü üzerindeki her şey onun gravitasyon kuvveti ile Dünya'ya doğru çekilir. Bu kuvvet bulunmasaydı her şey uzaya fırlayıp dağılırdı. Gravitasyonu yenmek için uzay aracını belli bir hızla fırlatmak şarttı. Belli bir hızın altında fırlatıldığında bir süre çıktıktan sonra yere geri düşüyor, üstünde fırlatıldığında ise Dünya'nın gravitasyonundan tamamen kurtulup uzaklara gidiyordu.

Yeryüzünden kaçma hızı saniyede 11.18 kilometredir. Yani, bir cismin Dünya'nın gravitasyon kuvvetinden kurtulup uzaya çıkabilmesi için en az bu hızla yeryüzünü terk etmesi gerekir. Saniyede 11.18 kilometrelik hız, saatte 40.250 kilometre demektir. Bu ise, bugünün en hızlı giden jet yolcu uçaklarının hızının 20 katıdır. Eğer roketin veya uzay aracının uzaya dalıp uzaklaşmaması ve Dünya etrafında bir yörüngede kalması istenirse onu saatte 28.000 kilometre gibi daha düşük bir hızda ateşlemek gerekir.

Dışarı gönderilen uydular ve uzay araçları, istenilen hızları kontrollü olarak temin eden güçlü roketlerle ivmelendirilir. Daha düşük hızlarda tahrik edilen uydular Dünya etrafındaki belli yörüngelerde döner, diğerleri ise bir yörüngeye yakalanmadan uzay boşluğunda yol alırlar. Bunlar büyük kütleli gezegen ve yıldızların yakınlarından geçerken onların gravitasyon kuvvetlerinin etkisi ile daha da hızlanırlar. Uzay boşluğunda hava bulunmadığından uzay araçlarını yavaşlatacak herhangi bir etki yoktur. Bir gök cismine çarpmadığı takdirde araç sonsuza kadar yoluna devam edebilir.

Uzay araçlarını ve uyduları tahrik eden roketler birbirine eklenmiş muhtelif etaplardan oluşur. Her etabın kendine ait bir motoru ve yakıt tankı vardır. En alttaki en büyük etap, aracın yeryüzünden kalkışını ve gittikçe hızlanacak şekilde yol

almasını sağlar. Buradaki yakıt yanıp tükenince birinci etap araçtan ayrılır ve yere düşer. O anda ikinci etabın motoru çalışarak, aracın daha büyük hızla yol alması için yakıtını yakmaya başlar. En son etaptaki motor ve yakıt ise aracın yörüngesine oturması veya uzay boşluğuna dalması için kullanılır.

Roketlerdeki yakıtların yanması için oksijene ihtiyaç vardır. Araç atmosfer içinde yol alıyorken, atmosferde bol olarak bulunan oksijen kullanılır. Araç atmosfer dışına çıktığında, orada oksijen bulunmadığından gerekli oksijen roketin son etaplarına depolanır. Bazı roketlerde oksijen ve yakıt karışmış halde birlikte, bazı roketlerde ise ayrı ayrı tanklarda sıvı şeklinde bulunur. Yakıtın oksijenle yanmasından meydana gelen ve roketin arkasından yanmış sıcak gaz olarak çıkan artıklar, aracın ileriye doğru hızla yol almasını sağlar. Arkadan çıkan gazların miktarının kontrolü ile aracın ileri gidiş hızı belirlenir.

Bütün zamanların imal edilmiş en büyük roketlerden biri Satürn-V idi. Bu roket, ucuna takılı olan Apollo aracını 1969 yılında Ay'a taşıdı. Bu tarihi seyahati gerçekleştiren dev roket 111 metre yüksekliğinde ve 3000 ton ağırlığındaydı. Üç etaptan oluşan roketin birinci kısmındaki 5 adet motor, 160 adet jumbo jetin gücüne eşit bir güçle aracı yukarı itti. Dev roketin en ucunda takılı minik kumanda modülünde Ay'a inecek üç astronot ve ay üzerinde yürüyecek Ay modülü bulunuyordu.

Satürn-V, 16.7.1969 günü yeryüzünü terk etti. İçindeki üç yolcusu ile Dünya'nın etrafında bir tur atarak onun çekim gücünden kurtularak Ay'a doğru yöneldi. Kumanda ve servis modülleri Ay modülü ile birleşerek yollarına devam ettiler. Üç günlük bir yolculuktan sonra Ay'a varıldı ve yörüngesine girildi. Astronotlardan biri Ay'ın etrafında dönmeye devam

eden kumanda ve servis modülünde kaldı, diğer ikisi Ay yüzeyine inecek olan Ay modülüne geçtiler.

Ve, modül 20.7.1969'da Ay'a indi. 21.7.1969 günü Ay modülünden özel giysiler içinde çıkarak Ay'a inen Neil Armstrong, Dünya dışındaki bir gök cismine ayak basan ilk insan oldu. İki astronot Ay üzerinde üç saat kaldı ve 21 kilo ağırlığında taş topladılar. Daha sonra Ay yüzeyinden kalkan modül, yörüngede dönmekte olan servis modülü ile birleşti. Üç gün sonra, üç astronot modüllerinin içinde Dünya'ya yumuşak iniş yaptı.

İlki 1969 yılında gerçekleştirilen, insanoğlunun tarihindeki 'en büyük' başarılarından biri olan Ay'a seyahat, 1972 yılına kadar beş defa daha tekrarlandı. Altı seyahatte Ay yüzeyine toplam 12 insan indi ve 380 kilo ağırlığında Ay malzemesi getirildi. Ay'ın farklı bölgelerine inen astronotların getirdiği bilgilerden en yakın komşumuzun özellikleri anlaşılmış oldu. Hakkında bilinmedik bir şey kalmadığı için, 1972 yılından sonra Ay'a başka bir seyahat yapılmadı.

Dünya'nın ilk roketi 1042 yılında barutla ateşlenerek Çin'de fırlatılmıştı. İlk sıvı yakıtlı roket ise 1926'da yapıldı ve 56 metre yol aldı. Sonra, 1957'de atmosfer dışına 28.565 kilometre/saniyelik hızla fırlatılan Sputnik-1 ve 1961'de uzayda 115 dakika kalan Gagarin, 1969 yılında da Ay'a ayak basan ilk insan olan Armstrong.

1973 ile 1980 arasında daha uzun mesafeler ele alındı. Astronotlara ev görevi yapan Skylab uzay istasyonu fırlatıldı, Merkür'e Mariner-10 gönderildi, Venüs'e yollanan Venera-9, gezegenin fotoğraflarını çekti, Mars'a indirilen iki Viking aracı orada yaşam olup olmadığını inceledi, iki Voyager uzay aracı Jüpiter ve Satürn'ün yanından geçerek bilgiler gönderdi.

1980 yılına kadar imal edilmiş bütün roketler dev boyutlu ve çok büyük masraflara mal olan araçlardı. Bir defa kullanıldıktan sonra roket parçalanıyor ve başka bir işe yaramıyordu. 1980'lerde ekonomik çözümler araştırıldı ve uzay mekikleri imal edildi. Bunlar tekrar tekrar kullanılabiliyordu. Dev boyutlu ve içinde yakıtın depolandığı bir roket ve üzerine oturan uçak benzeri mekik birlikte havalanıyor, sisteme hız veren roket yakıtını tükettikten iki dakika sonra mekikten ayrılarak yere yumuşak iniş yapıyordu. Böylece, roket bir başka uçuş için kullanılabiliyordu. Roketten ayrılan mekik ise içindekilerle birlikte yoluna devam ediyor, kendi motor ve yakıtını kullanarak uzayda dolaşan mekik sonunda kuş gibi, bir piste iniş yapıyordu. Roket ve mekik bir sonraki seyahat için kullanılabiliyordu.

Bu süre içinde, uzayda dolaşacaklar için özel giysiler, uyuma, temizlenme ve gıda şartları geliştirildi. Atmosfer dışına astronot- ların laboratuar olarak kullanacakları istasyonlar fırlatıldı. Uzayda bozulan araçların yerlerinde tamiri için teknikler bulundu. Uzayda şehirler ve koloniler kurma planları yapıldı. İnsanoğlunun uzay boşluğunda ve diğer gezegenlerin üzerinde yaşayabilmesi için projeler ortaya atıldı. 1987'de iki Rus, uzayda 365 gün kalarak rekor kırdı, 1990'da her şeyi daha yakından görebilmek için 'Hubble Uzay Teleskopu' yörüngesine oturtuldu. 1993'de bu teleskopun yerinde tamiri gerçekleştirildi. 20'ci yüzyılın ikinci yarısı uzay çağı oldu ve her şey çok hızlı gerçekleşti. Artık insanoğlu daha uzaklara gitmek için hazırdı.

Bir sonraki insanlı seyahat Mars'a olacaktır. Mars'ın Dünya'ya en yakın konumdaki uzaklığı 50 milyon kilometredir. Bu uzaklık, Ay'a olan mesafenin 130 katıdır. Bize 42 milyon kilometre uzaklıkta bulunan Venüs'e inmenin bir anlamı olamaz, çünkü Venüs'ün yüzey sıcaklığı 450 derece olup, insan

orada pişebilir. Mars'ın yüzey sıcaklığı ise Dünya'nınkine oldukça yakındır. Pluto'nun dışındaki diğer gezegenlerin yüzeyleri gazla kaplı olup, bir uzay aracının bunların üzerine konması mümkün değildir. Katı yüzeye sahip bir gezegen olan Pluto ise, hem 6 milyar kilometrelik mesafesi ile çok uzakta ve hem de gezegenin sıcaklığı -230 derecedir.

Mars'a yapılacak bir seyahat insanoğlunun gündemindedir. Bu proje Dünya üzerindeki tek bir devletin imkanları dışında olabilecek kadar pahalıdır. Buraya yapılacak bir gidiş dönüş süresi bir yıldan daha uzun süreceğinden, bu işi gerçekleştirecek uzay gemisinin yeryüzünde yapılması yerine, Dünya etrafındaki bir yörüngede imal edilmesi gerekmektedir.

Mars'ın atmosferinin, insanların yaşayabileceği şekilde değiştirilebileceğine inananlar bulunmaktadır. Mars'ın yüzeyinin ısıtılmasıyla dışarı çıkacak gazların yoğunlaştıracağı atmosferi Güneş'ten gelen ısıyı içerde tutacak, böylece daha fazla ısınan gezegen kutuplardaki buz başlıklarını eriterek sıvı su haline getirecektir. Eriyen buzlardan çıkan sular Mars'ın yüzeyinde denizleri ve nehirleri oluşturarak, onlarda bitkilerin büyümesine neden olacaktır. Bütün bunların yapılması için yüzlerce bin yılın geçmesi gerekmektedir. Gezegenin yüzeyinde oluşacak bitkiler karbondioksiti alarak Mars atmosferine oksijen bırakacaktır. Atmosferinde yeterli miktarda oksijenin birikmesinden sonra insan ve hayvanların Mars üzerinde yaşamaları mümkün olacaktır.

Bu senaryo imkansız değildir. Önce gezegeni yeterli miktarda ısıtmanın bir yolunu bulmak gerekmektedir. Ondan sonra da milyonlarca yıl alacak bir bekleme süresi gelecektir. O zamana kadar Mars üzerinde kurulacak kolonilerde, içinde hava ve ısıyı saklı tutan izole edilmiş yerleşim sistemlerinde yaşamak mümkün olabilir.

Mars, bütün evrenin keşfinin yanında sadece çok küçük bir adımdır. Bir sonraki adım, galaksimizin derinliklerini keşfedecek yıldızlararası gemilerin imal edilmesidir. Buradaki en büyük problem, yıldızlararasındaki korkunç uzaklıklardır. Bize en yakın yıldız 4.3 ışık yılı uzaklıkta olup, saniyede 300.000 kilometrelik hızla giden ışık bu mesafeyi 4.3 yılda alabilmektedir. Işık galaksinin merkezine 30.000 yılda ulaşmaktadır. Bir insan ömrü olan 50 yılda ışık bile galaksimizin sadece çok küçük bir kısmını gezebilir. kaldı ki, bir insanın içinde bulunduğu uzay aracından elde edilmiş en büyük hız saatte 40.000 kilometredir. Bu hız, ışık hızının 27.000'de biridir.

Uzak mesafelerde bulunan yıldız ve gezegenlere, insanoğlunun sahip olduğu en büyük hızlarda ulaşabilmenin yollarından biri, içinde binlerce insanın sığabileceği şehir büyüklüğünde uzay gemileri imal etmektedir. Böylece, gemi içinde doğacak ve büyüyecek yeni nesillerin, binlerce yıl sonra ulaşılacak yeni yerleri keşfetmeleri sağlanmış olacaktır. Aksi takdirde, Dünya'dan yola çıkan nesilden hiçbirinin ömrü seyahat sonucunu görmeye yetmeyecektir.

Galaksinin kenarlarında bulunan yıldızların arasındaki ortalama uzaklık 8 ışık yılı kadardır. İnsan vücut yapısı ancak belli bir hıza dayanabilir ve çok yüksek hızlarda insan canlı kalamaz. Yıldızlar arasındaki büyük mesafeler ise ancak büyük hızlarda gitmekle alınabilir. Bu yüzden insanları taşıyan uzay gemilerini gittikçe artan ivmelerde hızlandırmak, varış yerine ulaşmadan önce de gittikçe azalan ivmelerde hızı yavaşlatmak gerekir. Hızlanma ve yavaşlamalarda gemiye verilecek ivmelerin, Dünya'nın yüzeyindeki çekim kuvvetinin üzerindeki cisimlere uyguladığı miktar kadar olması halinde bu ivmelenmelerle yol alacak bir geminin içindekiler zarar görmezler.

‘1g’ olarak adlandırılan ve her saniye bir öncekinden 0.0098 kilometre daha fazlalaşan hızlarda insan kendini yeryüzündeymiş gibi hisseder. Bu şartlar içinde yol alan geminin hızı, ışık hızına yakın hızlara çıkarılabilir. Fakat bu durumda Einstein’ın relativite yasaları işin içine girer ve böyle büyük hızlarda zaman yavaşlar, gemi ve içindekilerin kütleleri büyür, geminin boyu kısalır.

Işık hızına yakın hızlarda, uzay gemisini ilerletecek yakıt miktarı düşünülemeyecek miktarlardadır. Pratikte, gemilere bu miktar yakıtı depolayacak büyüklükte tankları monte etmek imkansızdır. Işık hızının %1’i olan saniyede 3.000 kilometrelik bir hızda yapılacak yolculuk pratik gözükse bile, bu hızla en yakın yıldıza ulaşmak 450 yıl, dönüş de bir o kadar sürecektir. Bu durumda, en yakınımızdaki bir yıldızdan haber getirecek ve gemide 10 nesil üreyecek insanları 900 yıl beklemek gerekecektir.

Yıldızlararası yolculuklardaki en önemli sorunların başında hız ve zaman gelmektedir. Gemiyi hızlandıracak yakıt da diğer bir sorundur. Zamanı kısaltmayan hızlar ise uzak mesafeler için yeterli olmamaktadır. Yıldızlar arasında bulunan çok büyük uzaklıkları insan vücut yapısına zarar vermeyecek uygun hızlarda kastedecek gemilerin, birçok neslin üremesine ve içinde normal yaşamlarını sürmesine yeterli büyüklükte olması ve gerekli yakıtı depolayabilmesi gerekir.

Yakıt için, evrende bol miktarda bulunan hidrojen elementi düşünülebilir. Gemi motorları, hidrojenin füzyon reaksiyonundan çıkan devamlı enerji ile çalışabilir. Veya, belli miktarda depola- nacak madde ve antimaddenin yolculuk sırasında karışımıyla oluşacak imha işlemi sonunda hidrojen füzyonunun vereceğinden daha büyük bir enerji elde edilebilir.

Uzay gemilerini yolculuk sırasında sürekli ivmelendirecek kaynaklardan biri de yolu üzerindeki yıldızlar olabilir. Yıldızlardan ulaşacak ışık fotonlarının gemi kanatlarına çarpması onun hızını artırabilecektir. Civardaki yıldızların gemiye uygulayacakları gravitasyon kuvvetleri, kuyruklu yıldızlar ve sonsuz yoğunluklardaki karadelikler, yıldızlararası yolculuklarda enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Henüz daha bilim kurgu konusu olsa bile, gemi ve içindekileri ışık hızında giden fotonlara veya 'sonsuz' hızda yol alan takyonlara dönüştürmek, varılacak yere ışık hızında ulaşmak veya sıfır zamanda varmak ve daha sonra onları tekrar eski ilk şekillerine dönüştürmek de çok ileride projelendirilecek konulardandır.

Galaksimizin içinde binlerce gelişmiş uygarlığın bulunduğu hesap edilmektedir. Henüz hiçbir uygarlık ziyaretimize gelmemiştir. Gelmemiş olmalarının nedenleri, belki mevcut olan yıldız kalabalığı içinde bizi gözden kaçırmış olmaları olabilir. Belki, milyonlarca yıl önce, bizler daha ilkel yaşam sürerken veya henüz okyanuslardan karalara çıkmamışken gelmiş ve 'kayda değer bir şey bulamadıkları için tekrar gelmeye değmez' demeleridir. Veya, henüz yarı yolda bulunuyor da olabilirler ve bize ulaşmaları binlerce yıl alacaktır. Belki, onlar da bizim gibi, sonsuza kadar kendi gezegenlerine 'hapsolmuş' durumdadır.

İnsanoğlunun diğer uygarlıklarla ilk temas kurma girişimi 1973 yılında fırlatılan iki Pioneer ve onlardan dört yıl sonra fırlatılan dört Voyager uzay araçları ile olmuştur. Uzayın farklı yönlerine doğrultulan bu araçlar sistem içindeki gezegenlerin yakınlarından geçtikten ve onlarla ilgili birçok yeni bilgiyi gönderdikten sonra sistemimizi terk ederek yıldızlararası boşluğa dalmışlardır. Araçların içinde sistemimiz, Dünya, üzerindeki canlılarla ilgili çeşitli bilgiler bulunmaktadır. Onları

bulan ve okuyan diğer zeki yaratıkların bizleri tanıması ve yerimizi tanımlaması mümkün olabilecektir. 1988 yılında uzay boşluğuna giren araçlar 80.000 yıl sonra en yakınımızdaki yıldızların civarından geçecektir.

Güneş'ten uzaklaştıkça onun azalan çekim gücü ile daha hızlanacak olan araçlar diğer yıldızların çekim alanlarına girecek ve onların gravitasyon kuvvetinin etkisi ile hızlanmaya devam edecektir. Alpha Centauri'ye doğru yönelen Pioneer'e karşılık, Voyager aracı 20320 yılında Proxima Centauri yıldızına yaklaşacak ve onun 30 trilyon kilometre açığından geçecektir. 26260 yılında Voyager, Oort kuyruklu yıldız bulutunun içine dalacak ve bu bölgede 2400 yıl boyunca yol alacaktır. Voyager bir milyon yıllık bir yolculuk sonunda bizden sadece 50 ışık yılı uzaklıkta bulunacaktır.

Onu bulacak bir ileri uygarlığın mevcut bulunması ihtimali karşısında, onların bizi ziyaretleri ikinci bir milyon yıl alacaktır. Bu durumda, ancak iki milyon yıl sonra ziyaret edilmiş olacağız. Voyager'i uzaya gönderen şimdiki neslin kayıtlarının iki milyon yıl boyunca saklanması gerekmektedir. İnsanoğlu nesli bu süre içinde yok olduğu takdirde, ziyaretçiler, Dünya üzerinde bir zamanlar zeki yaratıkların yaşadığını, ancak geride bırakacağımız belirtilerden anlayabilecektir.

Sonuç olarak, uzaya gönderilen araçların bizler gibi gelişmiş uygarlık düzeyine sahip zeki yaratıklara rastlama ihtimali 'sıfıra' çok yakın bulunmaktadır. Bunun en büyük nedeni, evrende sayısız yıldız bulunması ve yıldızlararası mesafelerin çok büyük olmasıdır. Işığın bile bir kaplumbağa hızı ile yol aldığı bu mesafelerde, insanoğlunun sahip bulunduğu en büyük hız ise bir hiçtir. Neticede, bizlerin, önümüzdeki binlerce yıl içinde kendimize bir yaşam imkanı bulabileceğimiz başka bir yıldıza seyahat edebilme ihtimali son derece küçük

görülmektedir. Diğer zeki yaratıkların bizleri ziyaret ihtimali de bir o kadar zayıftır.

Her şeye rağmen çalışmalar devam edecektir. İnsanların şimdiki çoğalma hızına göre, 10.000 yıl sonra Dünya üzerindeki canlıların ağırlığı, onu yörüngesinden çıkaracak orana gelecektir.

Eğer sonsuza kadar Samanyolu'nun eteklerindeki Güneş sisteminin içinde yer alan Dünya denilen gezegenin üzerinde 'sıkışıp kalmak' istenmiyorsa, önümüzdeki asırlarda diğer yıldızlara ulaşabilmenin bir yolunun bulunması şarttır.

Her Şeyin Sonu

İçinde yaşadığımız evrenimizin bir başlangıcı vardı. O, 15 milyar yıl önce sıfırdan bir patlama ile başlamıştı. Bu durumda, evrenin bir sonu da olacak mı ?

Evrenin sonu bizim de sonumuz demektir. Evrenin sonundan daha önce bizim sonumuzu getirecek başka olaylar var mı ?

Hem de çok fazla .....

Evrenin sonunu getirecek ve Dünya üzerindeki canlı yaşamı sona erdirecek, bir kısmı ihtimallere dayanan, bazıları ise mutlaka olacak olan olaylar, uzun vadelisinden kısasına doğru sıralanacak olursa şunlar görülebilir.

Şu anda uzayın hangi yönüne bakılırsa bakılsın, evrendeki galaksi ve kuasarların bizden uzaklaşmakta olduğu görülür. Yani evren hala genişlemektedir. Relativite ve kozmoloji,

genişlemekte olan evrenin geleceğine ait üç ihtimali ortaya atmaktadır.

Genel relativite, uzay-zamanın belli bir eğrilikte bulunduğunu ispat etmiştir.

Birinci ihtimale göre uzay-zaman eğriliği sıfırdan büyüktür. Bu durumda evren, kapalı bir evrendir. Yani sonlu, sınırsız ve kendi üzerine kapanmıştır. Bu durumda evren, maksimum bir boyuta genişleyecek, sonra genişlemesi duracaktır. İkinci ihtimale göre, uzay-zaman eğriliği sıfırdan küçüktür. Bu evren hiperbolik şekilli ve sonsuzdur. Böyle açık bir evrende galaksiler birbirlerinden sonsuza kadar uzaklaşmaya devam edeceklerdir. Üçüncü ihtimalde eğrilik sıfıra eşit, yani bir Euclid uzayı olup, galaksiler yine sonsuza kadar birbirlerinden uzaklaşacaktır. Evrenimizin bu üç durumdan hangisine uyduğunu anlamak için hiç bir referans noktası bulunmamaktadır. Şu andaki bilgilerimiz bunu anlamaya uygun değildir. Fakat, bu durumu başka yollardan anlamak için elde bir ipucu bulunmaktadır.

Evren madde ile doludur. Maddenin bir yoğunluğu vardır. Evrendeki maddenin yoğunluk oranından, onun ilerde üç ihtimalden hangisine uyacağı bilinebilir. Evreni dolduran maddenin yoğunluğu belli bir kritik değerin üzerindeyse, genişleme maddeler arasındaki gravitasyon etkisiyle gittikçe azalacak, duracak ve sonra geriye dönüş başlayacaktır. Bu durumda her şey birbirine yaklaşacak ve sonunda 'büyük çökme' meydana gelecektir. Eğer evrenin yoğunluğu kritik değerin altındaysa, bu takdirde, gravitasyon birbirinden uzaklaşmakta olan galaksilerin hızlarını azaltmaya yetmeyecek ve evren sonsuza kadar genişlemeye devam edecektir. Evren yoğunluğu eğer kritik değere eşitse, galaksilerin uzaklaşması sonsuz bir zaman içinde sona erecek, yani evrenin yine bir sonu olmayacaktır.

Buradaki problem, evrendeki maddenin miktarının tam olarak bilinememesidir. Yakın geçmişe kadar olan bilgilerimiz evrendeki madde miktarının kritik değerin altında olduğunu gösteriyordu. Fakat son yıllardaki araştırmalar bu durumu değiştirmiştir. Samanyolu gibi spiral galaksilerin dönüş hızlarının incelenmesi sonucu, onların içinde daha önceleri hesap edilenlerden iki kat daha fazla madde bulunduğu anlaşılmıştır.

Yine son zamanlarda keşfedilen düşük kütleli silik görünüşlü yıldızlar evrenin 'kayıp madde' ile dolu olduğunu ve galaksilerin eteklerinde 'karanlık maddenin' bulunduğunu göstermektedir. Galaktik kümelerin içindeki yığınların arasında bulunan, galaksiler arası malzemenin belirtisi ancak görülemeyen dalga boylarıyla bize ulaşmaktadır.

Bütün bunlar, daha önce hesap edilen evren maddesinin miktarını beş defa artırmaktadır. Karadeliklerin bilinemeyen, fakat korkunç miktarlarda olduğu sanılan kütleleri de buna ilave edilebilir. Evrendeki henüz keşfedilmemiş fakat mevcudiyetleri hakkında ipuçları bulunan zayıf etkilesen kütleli parçacıklar ve az da olsa bir kütleleri olan nötrinoların miktarı çok fazladır. Bunlarla birlikte evrenin ortalama yoğunluğunun kritik yoğunluğun üzerinde bulunduğu büyük bir ihtimaldir. Bu durumda evrenin genişlemesinin bir gün sona ereceği ve sonra çökmenin başlayacağı, en sonunda bütün evren maddesinin sonsuz yoğunlukta, başka bir Büyük Patlamayı hazırlamak için, bir noktada sıkışacağı ihtimallerin en büyüğüdür.

Evrenin sonsuza kadar genişlemesi halinde, çekim gücü ile birbirine bağlı olan yerel grubumuz yerinde kalacak, fakat diğer galaksiler ondan çok uzaklara çekilecektir. Genişleyen evrenin hacmi büyüyecek, yoğunluğu azalacak ve gravitasyonun şiddeti küçülecektir. Kapalı evren durumunda, galaksiler birbirine hızla yaklaşacak, uzay daralacak, radyasyon fazlalaşacak ve

evren sıcaklığı büyüyecektir. Galaksilerin bir araya gelmesiyle ortaya bir süper-hiper-galaksi çıkacak, bunun içindeki yıldızlar çok büyük gravitasyon çekimle birbirlerine yaklaşacaktır. Uzay Güneş parlaklığına ulaşacak, sıcaklık yıldızlardan daha yüksek duruma gelerek sıkışmış sıcak evrendeki karadeliklerin kütleleri artacaktır. Büyük çökmeden 100.000 yıl önce karadelikler etraflarındaki her şeyi yutar hale gelecek ve sonunda evren, sonsuz sıcaklık ve yoğunluktaki bir tekillik noktasına çökecektir.

Termodinamiğin birinci yasasına göre evrendeki enerji miktarı sabit, fakat ikinci yasasına göre evrenin entropisi devamlı olarak artmaktadır. Kapalı evrendeki olaylar entropinin artmasına sebep olmaktadır. Sonunda evrenin entropisi en üst noktaya ulaşacak ve enerji eşit düzeye gelecektir. Entropinin en üst seviyesinde bütün enerji biçimleri ısıya dönüşecek ve evrenin her yeri eşit sıcaklıkta olacaktır. O zaman, iş yapmak mümkün olmayacak ve ısıl ölüm meydana gelecektir. Entropinin artmasına hiçbir şey engel olamayacağından, ısıl ölümle birlikte evrendeki her şey de sona erecektir.

Güneş boyutundaki bir yıldızın yaşam süresinin 10 milyar yıl olduğunu bilmekteyiz. Yakıtını en yavaş şekilde tüketen en silik bir yıldızın ömrü ise Güneş'ten 10.000 kat daha uzun, yani 10^{14} yıl olabilir. Bu sürenin sonunda bütün yıldızlar sönmüş olacaktır. Evrende parlayan yıldız kalmayacağından galaksiler soğuk ve karanlık madde ile kaplanacaktır. 10^{18}'ci yılda ise galaksiler birbiri ile çarpışacak, sistemlerdeki enerji gravitasyonel dalgalar halinde uzaklara kaçacaktır. Galaksilerin içindeki madde, merkezlerinde bulunan ve durmadan büyüyen karadelikler tarafından yutulacaktır.

Evrenin en dayanıklı maddesi olan protonun yaşam süresi 10^{32} yıldır. Bu süre sonunda proton daha hafif parçacıklar olan pozitron ve muonlara parçalanacak, karadeliklerin hışmından

kurtulan maddenin atomları yok olacaktır. Açık evren halinde evrenin sonu protonun ömrünü tamamlamasında gerçekleşecektir. Proton bozununca evren çürüyecek ve yok olacaktır.

Karadeliklerin yaşam süresi kütlelerine bağlıdır. Protonun bozunumu ile karadelikler buharlaşıp yok olurlar. Güneş'in 10 katı kütleye sahip bir karadeliğin buharlaşıp yok olma süresi 10^{68} yıldır. Ondan 10 kat daha büyük olan karadelik 10^{71} yıl yaşar. Dev boyutlu karadelikler ise 10^{100} yıl boyunca devam eder. Eğer proton bozunması gerçekleşmezse durum oldukça değişecektir. Bu takdirde, 10^{1600} yıl sonra beyaz cüceler çökerek birer nötron yıldızı haline gelecek ve bu durumdan çok uzun bir süre sonunda da hepsi birer karadelik olacaktır. Sonra bu karadeliklerin buharlaşması beklenecektir.

Galaksinin eteklerinde yer alan yıldızlararası mesafe ortalama 8 ışık yılı kadar olup, bunlar uzayda rasgele hareket ederler. Düzenli hareket eden yıldızlara karşılık, eliptik harekete sahip yıldızların birçoğu bir gün birbiri ile çarpışacaktır. Sonunda, bir yıldızın Güneş'e çarpması muhtemeldir. İhtimali küçük de olsa böyle bir durum karşısında Güneş parçalanacak ve etrafındaki gezegenleri uzayda dağılacaktır. Güneş'ten gelen enerjiden yoksun kalacak Dünya'nın üzerindeki yaşam da sona erecektir.

Evren, mini karadeliklerle doludur. Böyle bir mini karadeliğin Güneş sistemine dalması felaket getirecektir. Güneş'in veya Dünya'nın içine girecek bir mini karadelik, onları içten yiyip bitirecektir.

Antimaddenin varlığı artık bilinmektedir. Madde ve antimadde bir araya geldiğinde birbirini yok eder. Galaksimiz maddeden oluşmuştur. Henüz nerede bulunduğu bilinmese de, uzaklardaki bazı galaktik kümelerde antimaddenin varlığı tahmin edilmektedir. Genişleyen evrende madde ve

antimaddeden meydana gelen galaksiler birbirine zarar vermezler. Uzaklardaki bir antigalaksiden fışkırıp üzerimize gelecek antimadde kütlesi, aynı miktardaki bir Güneş maddesini derhal yok edecektir.

Yakınımızda bulunan büyük kütleli ve yaşlı bir yıldız ömrünün sonlarına ulaşmış olabilir. Böyle bir yıldız sonunda süpernova olarak patlayacaktır. 4-8 ışık yılı uzaklıktaki bir süpernova patlamasının yaratacağı radyasyon dalgası sistemimize şiddetli bir ışık ve ısı halinde ulaşacak ve Güneş'ten gelen sıcaklığı beşte bir oranında artıracaktır. Birkaç hafta boyunca devam edecek bu olay, yeryüzünün sıcaklığını önemli oranda yükseltecek ve yaşamı olumsuz yönde etkileyecektir. Ayrıca, süpernova patlamasından yayılan yoğun kozmik ışınlar Dünya'daki dengeleri bozacaktır. Kozmik ışınların etkisiyle, canlı yaşamın temeli olan DNA molekülündeki hassas yapı bozularak, hücre ölümleri yaşanacaktır.

Güneş'in ömrü 10 milyar yıldır. 4.6 milyar yıldır parlayan Güneş'imizin 5 milyar yıllık bir ömrü kalmıştır. 5 milyar yıl sonra Güneş'in içindeki yakıt yanıp tükenecek ve Güneş bir kızıl dev olacaktır. Kızıl dev olan Güneş şimdiki boyutunun 120 katına büyüyecek yakınındaki gezegenleri içine alacaktır. Güneş'in içine girecek gezegenlerden olan Dünya, devin korkunç sıcaklığı ile eriyip buharlaşacaktır. Daha önce başka bir felaket meydana gelmese bile, Dünya üzerindeki canlı yaşamın sonu 5 milyar yıl sonra Güneş'in kızıl bir dev haline gelmesiyle gerçekleşecektir.

Güneş'te şiddetli patlamalar olmaktadır. Patlamaların sonunda yüzeyden uzaya yayılan alevler milyonlarca kilometre uzunluğundadır. Güneş lekelerinin zaman zaman güçlü manyetik alanları yarattığı bilinmektedir. Dünya üzerindeki uygarlığın birkaç milyon yıllık yaşamı sırasında Güneş'teki

olaylar kontrollü geçmiş olup, bu durum ileriki asırlarda da aynı şekilde olacağını ifade etmemektedir. Güneş'teki Patlamaların anormal bir hal alması durumunda, oradan yeryüzüne ulaşacak kozmik ışın yağmuru veya şiddetli manyetik alanlar yaşamın sonunu getirecektir.

Güneş sisteminin dışındaki Oort bulutunda milyarlarca kuyruklu yıldız barınmaktadır. Buradan çıkan bazı yıldızlar Güneş'in çekim kuvvetine kapılarak sistemimize girmekte, Güneş'in etrafında bir tur attıktan sonra tekrar geldikleri yere geri dönmektedir. Geçmiş asırlarda kuyruklu yıldızların bazıları Dünya'ya oldukça yakın geçerek insanları korkutmuştur. 1910 yılında Dünya, Halley kuyruklu yıldızının kuyruğu içinde kalmıştır. Bir kuyruklu yıldızın ileride, her an, yolu üzerinde Dünya ile çarpışma ihtimali mevcut bulunmaktadır. Böyle bir çarpışma durumunda kuyruklu yıldızın kütlesi Dünya'yı yörüngesinden çıkarmaya yetmese bile yeryüzünde çok önemli felaketlere neden olacaktır.

Mars ile Jüpiter arasındaki kuşakta milyarlarca asteroit ve göktaşı bulunmaktadır. Bazıları zamanla yörüngesinden çıkarak farklı yörüngelerde dolaşırlar. Tarih öncesi zamanlarda bazılarının yeryüzüne düştüğü ve geniş kraterleri açtıkları bilinmektedir. 65 milyon yıl önce dinozorların toplu olarak yok olmasına sebep olan şeyin uzaydan gelen bir cisim olduğuna ait teoriler bulunmaktadır. Böyle bir cismin yere çarpması ile kalkacak toz bulutları atmosferi kaplayacak ve yıllarca Güneş ışığını engelleyecektir. Bu durumda, Güneş ışığına bağımlı iri canlıların yaşama ihtimalleri ortadan kalkacak ve toplu ölümler yaşanacaktır.

Dünya'nın manyetik alanı yeryüzündeki yaşamı uzaydan gelen kozmik ışınlardan korumaktadır. Dünya'nın manyetik alanı zamanla çoğalır, azalır, bir süre yok olduktan sonra, yön değiştirir. Yön değiştirme safhasında, bir süre için ortadan yok

olan manyetik alan sırasında yeryüzü şiddetli kozmik ışın yağmuruna maruz kalacaktır. Bu durum Dünya üzerindeki yaşamı olumsuz olarak etkileyecek ve canlı ölümlerine sebep olacaktır.

Dünya üzerinde tespit edilmiş 35.000.000 canlı türü yaşamaktadır. Bu sayı, Dünya tarihinde yaşamış ve evrimlerini tamamladıktan sonra yok olmuş türlerin yanında çok küçük bir miktardır. Canlı türler arasındaki rekabet ve doğadaki değişiklikler devamlı olarak bazılarını yok etmektedir. Aynı zamanda doğa gereği yeni türler ortaya çıkmaktadır.

Şu anda türler arasında 'en gelişmiş beyne' sahip olan İnsanoğlu yeryüzündeki olayların kontrolünü elinde tutmaktadır. Fakat bu durum, onun ileride de Dünya'nın hakimi olacağı anlamını taşımamaktadır. Türler arasında en başarılı olanı ve bir insan başına bir milyarın düştüğü böcek türünün ilerde gelişmiş beyne sahip olacağı ve diğer türleri yok edebileceği düşünülebilir. Bu durum, diğer hayvan türleri için de geçerli bulunmaktadır.

Evrende bizden başka gelişmiş çok sayıda zeki uygarlıkların bulunduğu hesap edilmektedir. Henüz çok uzak ihtimal olarak gözükse de diğer yıldızlardan gelebilecek kötü niyetli başka canlıların Dünya üzerindeki yaşamı sona erdirebilecekleri bir gerçektir.

Atmosferin üst bölgelerinde bulunan ozon tabakası uzaydan gelen zararlı ışınları tutarak yeryüzündeki canlıları korumaktadır. Son zamanlarda güney ve kuzey kutbunun üzerindeki ozon tabakasında büyük deliklerin oluştuğu tespit edilmiştir. Bu deliklere insanoğlunun kullandığı freon gazı çıkaran bazı cihazlar da sebep olmaktadır. Ozon deliklerinin genişlemesiyle yeryüzüne inecek olacak morötesi ışınlar da çoğalacak, ekolojik dengelerin bozulmasıyla felaketler yaşanacaktır.

Milattan önceki yıllarda Dünya nüfusu 10 milyondu. 1970'lerde nüfus 4 milyar, 1990'larda 5.5 milyara ulaştı. 1900'lerde nüfus artısı %1 iken, 1990'larda %2'yi geçti. Yeryüzünün kaynakları en fazla 500 milyar insanı besleyebilecek düzeydedir. Şimdiki artışla Dünya nüfusu her 40 yılda iki katına çıkacaktır. 2300 yılında yeryüzünde bir trilyondan fazla insan bulunacaktır. Bu kadar fazla nüfusu Dünya kaynaklarının beslemesi imkansız olup, birkaç yüz yıl sonra insanlar birbirini yok edecektir.

Dünya üzerinde yaşayan canlılar çeşitli yerlerden gelebilecek felaketlerin tehdidi altında bulunmaktadır. Evrenden, karadelik- lerden, proton bozunmasından, yıldızlardan, Güneş'ten, gök cisimlerinden gelebilecek felaketler ya milyarlarca yıllık sürelere veya sıfıra yakın ihtimallere dayanmaktadır. İnsanoğlunun sonunu getirecek felaketlerin en yakını ve büyük ihtimale sahip olanı yine 'kendisinin yaratacağı' felaketlerdir.

Yaşama Bakış

GALEN, Tıp Bilimi ..... MÖ 3000 - 1928

SCHWANN, Hücre Teorisi ..... 1665 - 1977

DNA / RNA ..... 1953 - 1990

Organizmalar ..... MÖ 350 - 1735

Nasıl Başladı ? ..... 1660 - 1979

Evrim ve Evrim Teorisi ..... 1760 - 1974

Yeryüzünde Yaşam ..... 1779 - 1946

Beyin ve Yapay Zeka ..... MÖ 300 - 1995

Galen, Tıp Bilimi

Tıp bilimi, Mezopotamya ve eski Mısır uygarlıklarıyla başlar. MÖ-3000 yılında yaşayan Sümerliler ve Mısırlılar tıpta ilk önemli gelişmeleri başlattı. Bunlar, tedavi metotları ve teşhislerini yazıya döken ilk insanlardı. Vücut sıcaklığını ve kalp atışlarını elle kontrol eden Mısırlı doktorlar, bunların insan sağlığının birer göstergesi olduğunu biliyorlardı. Birçok hastalığı iyileştiren geniş, ot repertuarına sahiptiler. Eski Mısırlılar ölülerinin içini boşaltarak onları binlerce yıl koruyacak mumyalama metotlarını öğrendiler.

MÖ-400'lü yıllarda yaşayan Yunanlı Hippocrates, Mısırlıların tıp bilgilerini toparlayıp yazıya döken ilk insan oldu. Eski Yunan tıbbı, kan, balgam, sarı ve siyah safra olmak üzere dört temel maddeye dayanıyordu. Birbiri ile bağlantısı olan bu dört maddenin dengede bulunması gerektiğine inanıldı. Maddelerden birinin dengeyi bozması durumunda, hastalıkların meydana geldiği düşünüldü.

MÖ-350'lerde Aristotle hastalıkların teşhis yollarını araştırdı ve anatomi bilimini başlattı. Aristotle'nin asistanı, Theophrastus 500 bitki türünü tanımladı ve meyve, çiçek ve tohum arasındaki ilişkiyi belirledi. Toprak ve iklimin bitki büyümesi üzerindeki etkisini inceleyen Theophrastus, botanik biliminin babasıydı. Ve, sahneye tıp biliminin en büyüklerinden olan, 129 yılında Bergama'da doğan Galen çıktı.

İzmir'de anatomi tahsili yapan Galen'in fikirleri 1500 yıl boyunca kullanıldı. Hippocrates ve Aristotle'nin düşüncelerini temel alan Galen, insan anatomisini, iskelet ve kas sistemini buldu. Her organın belli bir maksat için yaratılmış olduğunu ileri sürdü. Eski Romalılar zamanında ilk hastaneler kuruldu ve ameliyat aletleri imal edildi.

Milattan önceki yıllarda Çinliler daha farklı bir tedavi yöntemini keşfetti. Batının öngördüğü dört temel maddeye karşılık, Çinliler her şeyin 'ying' denilen karanlık dişi ve 'yang' denilen parlak erkek güçler tarafından kontrol edildiğini ve bu güçlerin insan vücudunu dengede tuttuğunu ileri sürdüler. Vücutta dolaşan yaşam güçlerinin akışının değiştirilmesi ile hastalıkların iyileştirilebileceğine inandılar. Akupunktur bu metotlardan biriydi. yine ve yang'ın dengede tutulması için bazı otları ve masaj sistemini buldular. Binlerce yıldır kullanılan akupunktur iğnesinin belli bir organa batırılması ile, bütün vücuttaki yaşam gücünün akışını dengede tutmayı başardılar.

Orta çağda tıp, batıda manastır rahipleri tarafından yürütüldü. Bu devirde İslam dünyasından önemli tıp adamları çıktı. Batılılar tarafından 'Avicenna' olarak tanınan İbni-Sina bunlardan biriydi. Aristotle ve Galen'in fikirlerinden faydalanan İbni-Sina tıp ansiklopedisini yaptı. 1350'li yıllarda Avrupa'da kara ölüm devri yaşandı ve kütlesel ölümler meydana geldi.

Galen'in çalışmalarını inceleyen büyük tıp adamı Belçikalı Andreas Vesalius modern anatomiyi kurdu. Vesalius, 1543 yılında insan vücudunu bilimsel olarak inceleyen ilk kişi oldu. Kemikler, kaslar ve iç organların ilk şemalarını çıkararak onlarla ilgili mükemmel konferanslar verdi. Vesalius teşhis için vücudu açtı, içine dikkatle baktı ve gözlemlerini yazıya döktü ve daha önce hiç kimsenin cesaret edemediği bir yöntemi başlattı.

Modern fizyolojiyi başlatan ise İngiliz William Harvey oldu. 1600'lerin başlarında Harvey, kalp ve kan dolaşımını inceledi, kalbin her vuruşunda kanın nerelere gittiğini merak etti. Sonunda kanın damarların içindeki dolaşımını keşfetti. Harvey'in keşfi ile hastalıkların kan dolaşımıyla vücuda yayıldığı anlaşılmış oldu. 1609 yılında Hollandalı Lippershey ilk mikroskobu imal etti. Harvey'in teorisi, 1650'lerde İtalyan biyolog Marcello Malpighi tarafından doğrulandı. Malpighi mikroskopla damarlardaki kan dolaşımını gözlemledi. 1658 yılında Hollandalı Jan Swammerdam modern entomolojiyi kurarak, bir kurbağa kanındaki kırmızı hücreleri keşfetti. Buluşları ölümünden 50 yıl sonra ortaya çıkarılan Swammerdam'ın yazılarından sinir ve kaslar arasındaki çalışma sistemi belirlendi.

1665 yılında, birçok bilimsel cihazın fikir babası olan İngiliz Robert Hooke, ince bir mantar diliminin kesitindeki gözenekleri mikroskop altında inceledi ve bunlara 'hücre' adını verdi. Bu, bitki ve hayvan yaşamının temeli olan, zarla çevrili bir hücrenin ilk tarifiydi. 18'ci asırda Avrupa'da çiçek hastalığı ölümlerin en büyük nedeniydi. Her sınıftan insanı etkileyen bu hastalık ondan kurtulanlarda bile devamlı izler bırakıyordu.

Çağın bu en ölümcül hastalığına İngiliz Edward Jenner 1796'da çare buldu. Jenner, bir hastasına aşı yaptı ve onu iyileştirdi. Önceleri kabul görmeyen bu metot sonra hızla

yayıldı ve her yerde kullanılır hale geldi. Milyonların yaşamını kurtaran Jenner, çiçek hastalığına yakalanan bir hastasına, ineklerden aldığı başka bir çiçek mikrobunu aşılayarak büyük bir riske girmişti.

1807 yılında İskoçyalı Charles Bell, sinir sistemini inceledi ve sinirlerin farklı şekillerde bütün vücuda dağıldığını keşfetti. Sinirlerin dürtüleri tek yönde taşıdığını ileri süren Bell böylece nöröfizyolojiyi başlattı ve beyin anatomisini kurdu. Bu arada, mikroskop, termometre, endoskopi gibi cihazlar geliştirildi, vücudun içini dinleyen aletler yapıldı. Fransız Rene Laennec, 1816'da göğsünü açıp dinletmeyen utangaç bir hanım kalp hastasına çare bulmak için ilk stetoskopu imal etti ve 30 santimetre uzunluğundaki tahta tüpten yapılmış aletiyle kalp atışlarını, kulakla izlemekten, çok daha belirgin olarak dinledi.

Önceleri ameliyat edilecek hastalar büyük dozda içirilen alkol ile uyutuluyordu. 1799'da Humphry Davy, insanı güldüren nitro oksit gazını keşfetmişti. 1840'da bu gaz hastalara tatbik edildi ve nitro oksidi koklayan hastalar hiç acı duymadılar. 1842'de eter, daha sonra da kloroform bulundu. Böylece anestezi bilimi başlamış oldu.

1838 yılında Polonyalı Robert Remak, sinir sisteminin yapısını inceleyerek ana sinirlerdeki myelin kılıfını keşfetti. Ve sinirlerin, içi boş tüpler yerine, düz katı yapıda olduklarını buldu.

Eter ve kloroformun bulunmasıyla ameliyatlar daha rahat ve hassas olarak yapılmaya başladı. Fakat hala ciddi problemler vardı. Bir çok hasta operasyon sonrası, enfeksiyondan ölüyordu. Operasyonlar için mikroplardan arındırılmış odalar yapıldı. 1860'larda Fransız mikrobiyolog Louis Pasteur hastalıkların Mikrop Teorisini buldu. Fermantasyon usulü ile mikroorganizmaları inceledi. Mikrobiyolojiyi başlatan Pasteur, 1885'de kuduz hastalığının aşısını keşfetti.

1876'da kolera gibi hastalıkları inceleyen Alman Robert Koch bakteriyolojiyi kurdu. 1882'de tüberküloz basilini bulan Koch, insan hastalıklarının mikroorganizmalardan ileri geldiğini öne sürdü. Pasteur ve Koch, tıp biliminin en büyüklerinden ikisi oldular.

Pasteur'un çalışmalarının önemini ilk anlayanlardan İngiliz Joseph Lister, 1865'de karbonik asitle sterilize edilmiş odalarda ameliyatlar yaptı ve ölümlerin büyük oranda azaldığını gördü. Lister antiseptik operasyonların babasıydı. Bu arada yapay kol, bacak ve dudaklar imal edildi. Sonra bunların oynak ve eklemli olanları yapıldı. 1903'de Hollandalı Willem Einthoven kol, bacak ve göğüsten ilk elektro kardiyogramı çıkardı. Bu buluştan sonra göğüs ve kalp hastalıklarının teşhisi kolaylaştı.

Kemoterapi, hematoloji ve immünolojiyi başlatan Alman Paul Ehrlich 1909'da beyaz kan hücrelerini tasnif etti. 1922'de Fransız Alexis Carrel organları canlı tutma metotlarını bularak, organ nakli üzerinde çalıştı. Damar nakli operasyonunu gerçekleştirdi. 1928'de İskoçyalı Alexander Fleming, 1940'lardan sonra yaygın olarak kullanılacak ve birçok diğer antibiyotiğin araştırılmasına neden olan penisilini keşfetti. Beyin fonksiyonları üzerinde çalışan Alman Hans Berger 1924'de bir köpeğin beynindeki elektrik akımlarını kaydetti.

İnsan beyninin alpha ritimlerini açıklayan Berger'den sonra tıp bilimindeki gelişmeler büyük hızla devam etti.

Schwann, Hücre Teorisi

1665 yılında İngiliz Robert Hooke, ilkel bir mikroskopla ince mantar kesitinde zarlarla çevrilmiş şekilleri gördü ve bunlara 'hücre' adını verdi. Uzun bir süre unutulan hücre konusu, Hooke'ın keşfinden 175 yıl sonra tekrar ele alındı.

1838 yılında Alman Matthias Jacob Schleiden, yüzlerce bitki örneğini 2000 kat büyülten mikroskop altında büyük bir sabırla inceledi. Schleiden sonunda bir hücre çekirdeğini gördü ve bazı organellerin hareketlerini tespit etti. Böylece bitkilerin yapılarının hücrelerden meydana geldiği anlaşılmış oldu.

Schleiden'in fikirlerini 1839 yılında toparlayan Alman Theodor Schwann, canlı yaşamın Hücre Teorisini kurdu. Schwann hem bitki hem hayvan örneklerini araştırdı. Ve, hayvan hücrelerinin bitki hücreleriyle olan yakın benzerliklerini gördü. Schwann, bütün bitki ve hayvan yapılarının hücrelerden meydana geldiğini, hücrelerin canlı yaşamın 'temelini' oluşturduğunu ortaya çıkardı.

Schwann, maya hücrelerinin yaşam prosesi sonucu fermantasyon olayının meydana geldiğini bularak, daha önceleri inanılan kendiliğinden üreme fikrine şüphe ile baktı. Sadece sterilize edilmiş havanın girdiği temiz bir kap içinde çürümenin olamayacağını ve bir mikroorganizmanın meydana gelemeyeceğini ispat etti.

Schwann, myelin kılıflarına sahip hücreleri keşfetti ve yumurtanın bir hücre olduğunu gösterdi. Hayvan hücrelerinin yumuşak, çabuk bozunan ve bitki hücrelerinden çok daha fazla çeşitlilik gösteren ve daha büyük sayılarda yapılar olduğunu buldu. Hayvanların da bitkiler gibi hücrelerden oluştuğunu anlayan Schwann, hücrelerin hücrelerden çoğaldığını, onların kendi yaşamlarına sahip bulunduğunu ve her bir hücre yaşamının sonuçta bütün organizmanın yaşamını meydana getirdiğini ileri sürdü.

Schwann, kendinden sonra gelecekleri yarım asır boyunca yanıltan bir hata yaptı ve yeni hücrenin eski hücrenin çekirdeğinden çıktığını söyledi. Hücrelerin bölünerek çoğaldığını bilemedi ve sitoplazmanın önemini anlayamadı. Kendiliğinden üreme inanışını ortadan kaldıran Schwann'ın çalışmalarıyla 'Hücre Teorisi' başlamış oldu.

1850'lerde Alman Rudolf Virchow, Schleiden ve Schwann'in çalışmalarını patolojiye tatbik ederek, hastalıkların hücrelerin içindeki anormal şartlardan kaynaklandığını keşfetti ve hücre patolojisinin temelini attı. 1863'de Alman Wilhelm Waldeyer-Hartz bir hücre çekirdeği içindeki kromozomları tarif ederek, kanser türlerini sınıflandırdı. Kanserin tek bir hücre içinde ortaya çıkarak, ondan ayrılan diğer hücrelerin kan veya lenf sistemi yolu ile vücudun diğer yerlerine yayıldıklarını belirtti. 1875 yılında Alman Nathanael Pringsheim alg'lerdeki üremeyi inceleyerek yeni hücrelerin, daha önceki hücrelerin bölünmesiyle ortaya çıktıklarını gösterdi. Böylece

Schleiden'den yaklaşık 40 yıl sonra hücrelerin nasıl çoğaldığı belirlenmiş oldu.

1876 yılında Alman Wilhelm Kühne, canlı bir hücre içindeki kimyasal değişiklikleri oluşturan fermentleri buldu ve bunlara 'enzim' ismini verdi. Bir adale hücresi içindeki proteinleri inceledi. Alman Walther Flemming, 1860'larda bir hayvan hücre çekirdeğindeki parçacıkların rengini anilin boya ile değiştirmeyi başardı ve buna 'kromatin' ismini verdi. Kromatin granüllerinin daha iri olan kromozomlara şekillendiğini gördü. Belçikalı Edo- uard Van Beneden, 1880'lerde bir hayvan hücresindeki kromozomların sayısını çıkardı. Flemming hücrelerin, kromozomların uzunlamasına iki parçaya ayrılarak bölündüklerini ileri sürerek bu olaya 'mitosis' adını verdi. Fleming'in 1882'deki bu buluşu ileriki yıllardaki araştırmalara ışık tuttu.

1890 yılında Alman August Weismann, hücre çoğalmasında 'mayoz' metodunu buldu ve bütün organizmaların kromozomlara sahip olduğunu belirtti. 1897'de Alman Eduard Buchner, fermantasyon için canlı hücrelere gerek bulunmadığını gösterdi ve biyolojik katalist olan enzim ve proteinleri tarif etti. İtalyan Camillo Golgi ise, 1898 yılında hücre sitoplazması içindeki proteinleri organize eden organelleri keşfetti ve bunlara 'Golgi aparatları' adı verildi. Golgi ayrıca, hücrelerinin sınıflandırılmasını yaptı.

1902 yılında Avusturyalı Karl Landsteiner, bir hastadan alınan kan serumunun kırmızı kan hücrelerini diğer bir gruba döndürdüğünü gösterdi. Kırmızı hücrelerde A ve B antijenin mevcut olup olmamasına ve serumdaki antikora göre kan hücrelerini sınıflandırdı. Kanı, antijen bulunan A, B ve AB, antijen bulunmayan 0 olmak üzere dört gruba ayırdı. Daha sonraki yıllarda keşfedilen diğer kan antijenleri ile kan alt grupları kombinasyonları genişletildi.

Hücre içindeki genler arasındaki etkileşimleri bulan İngiliz William Bateson, genetik bilimini kurdu. 1910 yılında İngiliz Frederick Hopkins, canlı bir hücre içindeki kimyasal reaksiyonları inceleyerek vitaminlerin etkisini keşfetti. Aynı yıllarda bazı kanser türlerine bir virüsün sebep olduğunu ileri süren Amerikalı Francis Peyton Rous, virüs ve hücrelerin kültür metotlarını buldu.

1911'de hücre içindeki kromozomların haritasını yapan Amerikalı Thomas Morgan, dört kromozom üzerindeki 2000'den fazla genin pozisyonunu tespit etti. Önceleri enzimlerin, canlı yaşamın bir parçası olduğu sanılıyordu ve kimyasal reaksiyonların temel birer maddesi olduğu bilinmiyordu. Klorofilin yapısını bulan Alman Richard Willstatter, 1912'de enzimleri tarif etti ve bunların birer protein olmadıklarını belirtti. 1913'de Alman Leonor Michaelis de enzimlerin katalist etkilerini ve bir hücre içindeki fonksiyonlarını açıkladı. 1914 yılında Amerikalı John Jacob Abel, kandaki aminoasitlerin varlığını gösterdi.

1926 yılında Amerikalı James Sumner, yapıdan üreyi amonyak ve karbondioksite çeviren bir enzim çıkararak küçük kristallerini elde etti. Daha sonra bütün enzimlerin birer protein olduklarını ispat etti. 1930'ların başında Amerikalı John Nortrop, aynı metodu kullanarak diğer enzimleri elde etti. Northrop'un enzimleri arasında tripsin, pepsin, ribonükleaz ve deoksiribonükleaz de bulunuyordu. Böylece enzimler üzerindeki sır kalkmış ve onların protein yapıda oldukları anlaşılmış oldu.

1940 yılında Amerikalı George Beadle, Joshua Lederberg ve E.L. Tatum bakterilerdeki genleri inceleyerek, virüslerin genetik malzeme taşıdıklarını buldular. Böylece biyokimyasal 'genetik bilimi' başlamış oldu. 1944'de Amerikalı Oswald Avery, deoxyribonucleic asidin (DNA) bakterilerde sebep

olduğu transformasyonları gösterdi. Genlerin birer DNA parçası olduklarını anlayamayan Avery, virüslerin genetik bilgiyi nasıl taşıdıklarını bulan Alman Max Delbrück ile birlikte 'moleküler biyolojinin' yapısını kurdu.

1950'de Çekoslovakyalı Erwin Chargaff, bir organizmada tek bir DNA'ya karşılık birçok farklı türde RNA'nın bulunduğunu gösterdi. Bunlar organizmanın karakteristiklerini ifade ediyordu. Chargaff'a göre her nükleikasitte, adenin, timin, guanin ve sitosin olarak adlandırılan dört tür azot temelli baz bulunuyordu. Chargaff, bunların sayılarının aynı olmadığını, fakat adenin'in timin'e, guanin'in de sitosin'e sayısal olarak eşit olabileceğini belirtti. Chargaff'ın çalışmaları, daha sonraları DNA yapısının keşfine neden olmuştur.

Amerikalı Linus Pauling, aminoasit ve proteinlerin kimyasal yapılarını ve şekillerini buldu. Pauling'in biyomoleküllerin helisel yapıları hakkındaki fikirleri, DNA molekülünün şeklinin bulunmasına yardımcı oldu. Amerikalı Alfred Day Hershey 1952 yılında yaptığı deneylerde Avery'nin teorisini doğruladı ve faje kullanarak bir bakteri hücresindeki DNA'nın bilgisini değiştirdi. Böylece bir DNA molekülünün bilgi taşıdığı anlaşılmış oldu. Alman Hans Adolf Krebs, hücrelerin içindeki enerji üretim devresini 1950'lerin başında keşfetti.

Sıra bir DNA molekülünün şeklini bulmaya gelmişti. Bunu da 1953 yılında, İngiliz Francis Crick ve Amerikalı James Watson keşfetti. Bu keşiften önce, Avery DNA'nın genetik malzemeyi şekillendirdiğini, Alexander Todd DNA'nın fosfat gruplarına bağlı deoxyribose şeker zincirlerinden meydana geldiğini, Chargaff DNA molekülü içindeki dört bazı ve aralarındaki oranı, Pauling ise protein zincirlerinin helis şeklinde olduğunu göstermişti.

Crick ve Watson, daha önceki buluşların yardımıyla DNA'nın çift sarmal şeklini çıkardılar. Çıkan şekil, daha önce

bulunan özelliklere, atomlar arası uzaklıklara ve daha önceleri İngiliz Rosalind Franklin'in elde ettiği DNA'nın x-ışını resimlerine uymuştu. Helis şeklin dışında, şeker ve fosfat zincirleri bulunuyor, içinde ise çiftler halinde bağlanmış dört tane baz yer alıyordu. Model, DNA'nın kopyalamayı nasıl yaptığını, helisin sarılma ve çözülmesini ve genetik bilginin taşınışını başarıyla açıklıyordu.

1949'da Belçikalı Rene De Duve, enzimlerin hücre içindeki küçük bir organele bağlı olması gerektiğini ileri sürdü. 1955'de elektron mikroskobu ile tanımlanan bu organele 'lisozom' adı verildi. Aynı yıl, İngiliz Frederick Sanger, bir protein zinciri üzerindeki aminoasit sıralanmasını buldu ve nükleik asitlerin yapıları üzerinde çalıştı. Amerikalı Paul Berg, aminoasitlerin naklini gerçekleştiren 'transfer-RNA'yı keşfetti ve 'genetik mühendisliğinin' temelini kurdu. Romanyalı George Emil Palade, hayvan hücrelerindeki 'mitokondria' ve 'ribozomları' keşfetti. Amerikalı Arthur Kornberg 1956'da, DNA polimerazedan bir enzimi izole ederek, DNA'nın yapay sentezini gerçekleştirdi. Aynı yıl Rus George Gamow, bir DNA zincirindeki dört farklı tür nükleikasitin aminoasitlerden protein sentezlenmesini açıkladı ve 20 adet aminoasit ile protein oluşumunu belirledi.

1957 yılında Amerikalı Matthew Meselson, DNA çift sarmalının kopyalama prosesini gösterdi ve 'haberci-RNA' ile ribozom organellerini açıkladı. Amerikalı Stanford Moore ve William Stein, protein zincirinde sıralanan aminoasitlerin cins ve miktarlarını ortaya çıkardı ve 124 aminoasitin sıralanmasını belirttiler. 1961'de İngiliz Sydney Brenner ve Crick, bir DNA zincirindeki bazların üçlü birleşmesiyle meydana gelen her bir bilginin, protein sentezini yapacak özel bir aminoasit kodu olduğunu keşfetti. Genetik kodu oluşturan kodon'ların sadece üçlü gruplar olduğu anlaşıldı.

1970'lerin başında Amerikalı David Baltimore, virüslerdeki RNA ve protein şekillenmesini inceleyerek virüs kopyalanmasını ve RNA'dan DNA dönüşümünü gösterdi. Daha önceleri prosesin DNA, RNA ve protein sıralamasında gerçekleştiğine inanılıyordu. Yine aynı yıllarda Hindistanlı Har Gobind Khorana, DNA'daki genetik kodları keşfederek dört bazın 64 adet kombinezonunu tarif etti. Daha sonra, 1977 yılında Sanger, bir virüsteki 5400 bazın tam bir sıralanmasını yaparak genlerle proteinler arasındaki ilişkileri detaylandırdı.

1970'lerin sonunda bir hücre artık çözülmüştü ve onu anlamak bilim adamlarının 130 yılını almıştı.

Canlı ve cansız cisimler arasındaki en belirgin fark, canlıların yaşayan hücrelere sahip olmasıdır. Hücre, yeryüzündeki iki tür canlı olan bitki ve hayvan yaşamının temelini teşkil eder. Hücreler, milimetrenin binlerce birinden, bir devekuşunun yumurtasına kadar çeşitli boyutlardadır. Fakat bunların hepsi benzer özellikleri paylaşır.

Önceleri bir hücrenin içindeki çekirdek ve kromozom gibi daha iri olan üniteler görülebiliyordu. 'Organel' adı verilen çok küçük hücre organlarını optik mikroskoplarla görmek mümkün olmuyordu. 1939'da elektron mikroskobunun keşfi ile hücrenin en dip noktası, bir milimetrenin milyonlarca birine kadar olan aralık açıklığa kavuşmuş oldu. Bu teknikle moleküller ve hatta atomlar bile görülebilir duruma geldi.

Canlıları meydana getiren hücreler moleküllerin birleşmesinden oluşur. Canlıların sahip bulunduğu moleküller dört tür olup bunların her biri farklı yapıdadır ve farklı rolleri oynar. Karbonhidrat molekülleri enerjiyi taşır ve yapısal doku temin eder. Protein molekülleri hücrelerin kimyasal reaksiyonlarını gerçekleştirir. Lipitler hücre zarını oluşturur ve enerjiyi depolar. Dördüncü tür molekül olan nükleikasitler, DNA ve RNA olup, bilgiyi taşır ve hücrenin çalışmasını sağlar.

Hücre elemanlarından biri bozulunca bu moleküller ilave miktarlarda üretilir ve bozulan elemanın tamiri sağlanır. Vücuda bir bakteri girince kan hücreleri özel bir molekül üreterek bakteriyi yok eder. Bütün bunlar vücut sistemi ile işbirliği içinde çalışan proteinlerce ayarlanır. Proteinler yeni moleküllerin yapılmasını sağlar. Moleküller canlı vücudun minik makinalarıdır. Her biri ayrı bir iş yapar ve her biri yapacağı işe göre dizayn edilmiştir.

Hücreler çok ince bir zarla çevrilmiştir. Hücreleri kaplayan zarın içi 'sitoplazma' adı verilen bir sıvı ile doludur. Çekirdekle hücre zarı arasını dolduran renksiz ve geçirgen sıvı glikoz, glikojen bakımından zengin olup, aminoasit, protein, enzim gibi malzemeleri ihtiva eder. Bu sıvının içinde de 'organel' denilen bir takım cisimler yer alır. Bir insan vücudundaki hücre sıvısı yaklaşık 10 litre kadardır. Bu miktar, toplam vücut sıvısının 1/3'üdür. Amipten insana kadar olan canlıların çoğunun hücresinde 'çekirdek' bulunur. İçinde bir çekirdeği bulunan hücrelere 'ökaryotik hücre' denir. Alg veya bir bakteri gibi içinde çekirdeği bulunmayan hücrelere ise 'prokaryotik hücre' adı verilir. Ökaryotik hücreler çoğunluktadır. Bir ökaryotik hücrenin en önemli parçası çekirdeğidir.

Çift katlı bir zarla çevrilmiş hücre çekirdeği hücrenin genetik malzemesini içinde saklar. Çift katlı çekirdek zarı bazı yerlerde birleşerek gözenekler oluşturur. Gözenekler hücre çekirdeği ile hücrenin diğer yerleri arasındaki birer haberleşme kapısıdır. Bu gözeneklerden dışarı çıkan moleküller, çekirdeğin içinde oluşan genetik bilgiyi hücre sıvısı içindeki organellere taşır ve dışarıdaki moleküller de içeri girerek gerekli düzenlemeleri yerine getirir.

Hücre çekirdeğinin içinde 'nükleolus' adı verilen sıkıca sarılmış yoğun bir cisim mevcut olup, bunlar DNA ve RNA molekülleridir. Prokaryotik hücrelerde çekirdek

bulunmadığından, genetik malzeme hücre içinde serbestçe duran basit bir DNA çemberi şeklindedir. Sonuçta, her hücrede organizmanın bütününü organize eden DNA devresi bulunur.

Hücreyi saran ve onu dış dünyalardan koruyan zar iki katlı olup, her kat lipit molekülleriyle kaplanmıştır. Düz, küre ve tüp şeklinde olan lipit moleküllerinin her iki dışa bakan tarafları elektrik yüklü kafalara sahip olup, bunlar su tarafından çekilir ve suda çözünürler. Kafalardan uzayan iki yağ asidi kuyruğu ise su tarafından itilir ve suda çözünmez. Birbirlerine bitişik bütün hücrelerin içleri sıvı ile dolu olduğundan, çift katlı zarda yer alan lipit moleküllerinin elektrik yüklü başları dış taraflara, yani hücre içlerine, ikili kuyruklar ise iç tarafa, yani iki katlı zarın aralığına bakar şekilde yerleşmiştir. Böylece zarın dış yüzeyleri hücre içindeki suyu çekmekte, iki zar arasındaki aralık ise itmektedir.

Zarları oluşturan lipit moleküllerinin arasında hareketli protein molekülleri yer alır. Zarın dış yüzeyleri üzerinde ise karbonhidrat molekülleri bağlanmıştır. Her lipit molekülü hareket halindedir. Bu halleriyle aralarından molekül geçişlerini önlemeye çalışırlar. Lipitler, sodyum, potasyum gibi iyonları, aminoasit ve şeker moleküllerinin zardan geçişini önler, sadece oksijen ve çok küçük yüksüz moleküllerin geçişlerine izin verirler. Ayrıca, hücre içinde üretilen özel bir protein, moleküllerin hücre zarında bir araya gelerek büyük bir yapı oluşturan lipitlerin arasından geçişlerini organize eder. Karbon, hidrojen ve oksijen atomlarından meydana gelen lipit molekülleri, hücre zarını oluşturmaları yanında bazıları enerjiyi depolar, bazıları ise biyolojik fonksiyonları gerçekleştirir.

Hücre tarafından istenen elektrik yüklü atomlar, yağ asidi kuyrukların arasından geçip içeri giremez, fakat bunlar zarın içine yerleşmiş büyük protein moleküllerinin oluşturduğu gözeneklerden girip çıkarlar. Proteinlerin yapı değişiklikleriyle

meydana getirdikleri tüp şeklindeki boşluklar ve hormonlarla yaptıkları açılma ve kapanma hareketleri atomların zardan geçişini mümkün kılar. Sodyum, potasyum ve klor gibi iyonik atomların protein gözeneklerinden kontrollü giriş ve çıkışları hücre fonksiyonlarını devam ettirir.

Her farklı tür atom için, zar içinde değişik geçiş kanalı vardır. Bir sinir hücresinde, zardan içeri sodyum atomu girerken hücrenin başka bir gözeneğinden bir potasyum atomu dışarı çıkar. Böylece oluşan bir elektrik değişikliği sinir hücreleri boyunca ilerleyerek bir sinir sinyali doğurur. Hücre zarı içine yerleşmiş proteinlerin hormonlar vasıtasıyla kontrollü açılıp kapanmasıyla oluşan gözeneklerden içeri giren ve çıkan elektrik yüklü atomların meydana getirdiği elektrik değişiklikleri hücrelerin faaliyetlerini yürütür. Zar içindeki proteinlerde güçlü ilaçlarla yapılan değişiklikler sonucu, zardan geçen atom ve moleküllerin miktarı kontrol edilebilmekte ve böyle işlemler ameliyatlarda ve anestezi biliminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bir vücut içinde organlar arasındaki uzun mesafe haberleşmeleri hücreler, kan veya sinir sistemi ile iletilir. Kısa mesafe haberleşmeler ise hücreler arasında direkt iletişimlerle yapılır. Bütün hücreler yan yana ve sırt sırta durur. Hücre zarları arasında 'konnekson' adı verilen altıgen şekilli bir protein bulunur. Şeker, aminoasit, ATP gibi küçük moleküller hücreden hücreye geçer ve gidecekleri yöne doğru yol alırlar. Protein gibi iri moleküller ise hücre zarlarının arasından geçemez ve onlar hücrelerin içinde kalır.

Sitoplazma denilen hücre sıvısının içinde yerleşmiş hücre organellerinden en önemlileri, 'endoplazmik retikulum, ribozom, golgi aygıtı, mitokondria, lisozom, peroksizom, sitoskeleton' olarak adlandırılır. Bu organellerle hücre

çekirdeği içinde bulunan kromozomlardan ortaya çıkan DNA, RNA molekülleri devamlı bir etkileşim halindedir.

Endoplazmik retikulum, ince, düz, birbiri üzerinde katlanmış organellerdir. Kaba ve düzgün şekilli olmak üzere iki türü vardır. Birbiri üzerine katlanmış olan kaba retikulumun üzerinde 'ribozom' adı verilen binlerce minik cisimcikler yapışmıştır. Ribozomlar, DNA'dan gelen genetik koda göre proteini sentezler. Düzgün şekilli retikulumun üzerinde ribozomlar bulunmaz. Kaba retikulumun üzerine yapışanların dışında, sitoplazma içinde daha birçok serbest ribozom granülleri mevcut olup bunların çapı bir metrenin milyarda biri kadardır.

Ribozom'lar, protein sentezleme işlemini yerine getirirler. Üzerlerinde girinti ve çıkıntılar bulunan ribozomların her biri özel bir proteine göre dizayn edilmiştir. Protein ve RNA moleküllerinden yapılmış olan serbest ribozomlarda sentezlenen proteinler hücre sıvısı içine boşaltılır. Retikulum üzerinde yapışmış ribozomlarda sentezlenen proteinler ise retikulum gövdesinin içindeki boşluklara boşaltılır.

Golgi aparatı, hücre sitoplazması içinde bulunan acayip şekilli bir organeldir. Bazı hücrelerde bir, bazılarında ise birkaç tane Golgi aparatı yer alır. İnce, uzun, sönmüş balon şeklinde olan bu aygıtların çeşitli yerlerinde boğumlar, bazı yerlerinde ise küresel şişkinlikler vardır. Bu şişkinliklere 'Golgi vezikülleri' adı verilir. Kaba endoplazmik retikulumun üzerindeki ribozomlar tarafından üretilen proteinler Golgi aygıtına gider. Golgi aygıtı kendisine giren proteinleri gidecekleri yerlere göre sınıflandırır, protein veziküllerine dönüştürür ve bu vezikülleri sitoplazma içine boşaltır. Proteinlerin yönlerini organize eden Golgi aparatları, hücre içinde birer 'trafik polisi' görevini yerine getirir.

Mitokondria'lar uzun küresel ve sosis şekilli organeller olup, her hücrede ortalama 200 tane bulunur. Yüksek enerji çıkaran hücrelerde binlercesi vardır. Mitokondrialar dış ve iç zarlarla kaplıdır. Mitokondrialar hücrelerin enerji kaynağıdır. İçlerinde oldukça karışık bir kimyasal proses devam eder. 'Krebs devresi' adı verilen ve enzimlerle gerçekleşen bu proses sırasında 'ATP-adenosine triphosphate' denilen bir molekül şekillenir. Bu enerji, karbonhidrat, yağ veya proteinlerin parçalanmasından ortaya çıkan, iki karbon, bir oksijen ve üç hidrojen atomunun oluşturduğu moleküller kanalı ile üretilir.

Su ile temas eden ATP bozularak 'ADP-adenosine diphosphate' haline dönüşür. Bu dönüşüm sırasında büyük bir enerji ortaya çıkar ve ATP'de toplanır. Meydana gelen enerji de hücre içindeki ve zar dışına çıkacak malzemelere hareket temin eder. ADP hemen sonra tekrar ATP'ye dönüşür ve bir Krebs devresi tamamlanır. Her hücrede bir dakika içinde yaklaşık 2 milyon ATP molekülü kullanılır.

Lisozom'lar hücre sıvısı içinde yer alan küçük oval veya küresel şekilli organellerdir. Her hücrede bunlardan birkaç yüz tane bulunur. Dış yüzeyi tek katlı bir zarla kaplanmıştır. Görevleri çöpçülüktür. Hücre sıvısı içindeki ise yaramaz, hasar görmüş, işlemeyen organelleri temizler ve hücre içine giren herhangi bir bakteriyi imha ederler. Bu işlemleri yapabilmek için lisozomlar, protein ve molekülleri bozacak sindirim özelliklerinde güçlü enzimlerce desteklenir.

Peroksizom'ların yapısı lisozomlara benzemekle birlikte görevleri onlardan farklıdır. Peroksizomlar hasar görmüş ürünleri imha eder. Zehir, sigara ve radyasyon gibi bazı zararlı olaylar sonucu hücreler oksijenden yoksun kalarak hastalanırlar. Peroksizom organelleri, hücreye giren ve onun sistemini bozan oksijensiz radikalleri yok etmeye çalışır.

Sitoskeleton adı verilen bir diğer organel, hücre sıvısı içinden hücre zarına temas eder. Bunlar, sıvı içinde hareketli ince uzun lifler şeklindedir. Görevleri hücrenin şeklini ve biçimini muhafaza etmektir. Bazı durumlarda hücrenin şeklinin değişmesine sebep olur. Aynı zamanda, hücre içindeki organellerin ve kromozomların, hücre bölünmesi sırasında hareket etmelerine yardımcı olurlar. Hücre zarı nazik olduğundan onu desteklemek için mikroskobik kemik ve kas görevi yapan sitoskeletonlar, sabit olmayıp devamlı zarar görür, tamir olur ve yeniden yaratılır.

Hücre çekirdeğinin içinde çubuk şeklinde 'kromozomlar' vardır. Kromozomların içinde 'DNA-deoxyribonucleic acid' molekülleri toplanmıştır. Sarılmış yumak şeklinde olan bir DNA molekülü açıldığında spiral bir merdiven görünümü kazanır. Çift sarmal DNA molekülünün bir tarafından kopup ayrılan RNA-ribonucleic acid molekülü, 'haberci RNA' molekülü olarak çekirdek zarının dışına çıkarak DNA'dan aldığı talimatları hücre sıvısı içindeki organellere iletir.

Bir hücrenin içinde muazzam miktarda biyokimyasal reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonların temelinde karbon elementi yatar. Karbon elementinin en büyük özelliği, atomlarının diğer elementlerin atomları ile çok değişik şekillerde birleşerek 'sonsuz çeşitlilikte' molekülleri meydana getirebilmesidir. Karbonun dışındaki elementler aynı yeteneğe sahip değildir.

Hücre içindeki reaksiyonlar 'enzim' denilen organik bir madde tarafından gerçekleştirilir. Enzimler birer protein olup, prosesleri hızlandıran katalist gibi davranır. Katalist, hiç bir şeye ihtiyacı bulunmadan kimyasal reaksiyonları harekete geçiren bir maddedir. Enzimler ve DNA, RNA gibi nükleikasitler ise hücre içinde bulunan protein, karbonhidrat ve yağ moleküllerinin bir takım işlemleri sonucunda şekillenir.

Protein, karbonhidrat ve yağ molekülleri canlı vücuduna ve hücrelerin içine, alınan gıdalardan geçer. Önceleri birer cansız olan bu moleküller, hücre içinde çok karışık bazı proseslerin sonunda aralarında birleşerek canlı sistemleri oluşturur.

Enzimler, vücudun molekül makinasıdır. Her an binlerce farklı enzim durmadan iş görür. Bazıları molekülleri birleştirir, aminoasitleri ve nükleoditleri inşa eder, bazıları ise molekülleri ve uzun zincirleri parçalayarak kullanılabilir duruma getirirler. Atomları birinden alır diğerlerine bağlar. Yuvarlak şekilli iri molekül olan enzimler, aminoasitlerden oluşurlar. Enzimlerin birçoğu evrimin ilk zamanlarında şekillenmiş olup, milyarlarca yıldan beri değişmeden bugüne ulaşmıştır. Bakteriden bir ağaca kadar, enzimlerin çoğu birbirine çok benzemektedir.

Karbonhidratlar, hem bitki hem hayvan yaşamı için en önemli moleküllerden biri olup, bir vücudun yakıtı durumundadır. Kar- bonhidrat miktarı bir vücut ağırlığının %1'ini teşkil eder. Karbon, hidrojen ve oksijenin bileşiminden oluşur. İki hidrojen ve bir oksijenden meydana gelen su molekülüne bağlanmış bir karbon atomunun meydana getirdiği, hidroksil gruplarıdır.

Karbonhidratlar iki farklı şekildedir. Bunlar, basit şekerler ve polisakkarit denen kompleks karbonhidratlardır. glikoz, früktoz gibi basit şekerler, küçük moleküller olup, suda erir. Kompleks karbonhidratlar, onlarcadan milyonlarcaya kadar şeker molekülünün düz veya düz olmayan zincirler halinde birleşmesinden oluşur. Nişasta ve selüloz bunlara birer örnektir. Suda erimez ve çok az tat verirler. Şeker molekülleri birleşerek nişasta ve selülozu oluşturur.

Sakkarid, monosakkarid, glikoz, früktoz ve galaktoz günlük yaşamdaki gıdalardan, meyvelerden ve sütten alınan şekerlerdir. İki monosakkarit şeker molekülü birleşerek bir disakkarit mole- külü meydana getirir. Monosakkaritler farklı

tür birleşme sonunda polisakkaritleri oluşturur. Bitkilerin temel yapısını teşkil eden selülozlar birer polisakkarittir. Yine, bitkilerdeki nişasta ve hayvanlardaki glikojen, farklı şekillerde birleşmiş polisakkarit moleküllerinden meydana gelir. Früktoz daha çok ticari şekerlerde kullanılır ve vücut içinde sperm enerjisinin kaynağı olarak işlem görür. Vücudun yakıtı olan, glikoz gıdalar içinde nadir bulunduğundan, polisakkaritler hücre içinde parçalanarak kullanılabilir basit şekerlere dönüştürülür. Bu işlem, sindirim sistemi içindeki enzimler tarafından gerçekleştirilir. Enzimler ayrıca monosakkaritleri ve nişastaları da parçalayarak kullanılır duruma getirir.

Canlı yaşamı için gerekli diğer bir molekül grubu proteinler olup, bunlar genellikle karbon, hidrojen, oksijen ve azot elementlerinden oluşur. Vücut ağırlığının % 17'si proteindir. Bir vücuttaki organik maddenin %50'si protein ihtiva eder. Çoğunluğu adalelerin içinde toplanmıştır. Kemikler ve dişler, kalsiyum ve fosfat ile sertleştirilmiş proteinlerden yapılmıştır. Ayrıca, organların çoğunda yer alır. Proteinler, kollajen adı verilen üçlü spiral halatlar şeklinde, bazıları ise sert ve kolay çözülemeyen görünümdedir. Çözülebilen proteinler hücrelerin içinde ve kanda olup, albümin ve globülin bunlardan ikisidir. albümin ve globülin birleşerek yağ asitlerini taşır ve antikorları şekillendirir.

Uzayıp kısalabilen proteinler, myozin halinde adalelerde, tubulin ve aktin halinde hücrelerde yer alır. Bir vücut içindeki binlerce farklı tür enzimin tamamı proteinlerce yaratılır. Proteinler büyük moleküller olup, daha küçük yapı elemanları olan aminoasitlerden oluşur. Özel biçimlerde bir araya gelen aminoasit zincirleri proteinleri meydana getirir. Bir vücuttaki bütün fonksiyonları kontrol eden proteinler uzun zincir molekülleri şeklindedir. Vücut içindeki her şey proteinlerce

kontrol edilir. Polisakkaritler gibi birer polimer olan proteinler, çok daha karışık yapıya ve farklı türlere sahiptir. Temel maddesi aminoasit olan proteinler, bütün karmaşık reaksiyonlarda enzim gibi hareket ederek hücrelere girer. Yeryüzündeki bütün canlıların proteinleri, sadece 20 tane farklı aminoasitin sıralanışından meydana gelmiştir.

Bütün aminoasitler aynı türde çiftli terminallerde olup, bir azot ve iki hidrojen atomundan oluşan bir aminoasit grubu, bir karbon, iki oksijen ve bir hidrojen atomundan oluşan diğer bir gruba bağlanır. Aralarında sadece bir tortu farkı bulunur. 20 adet farklı aminoasit vardır. Gerçekte daha fazla sayıda aminoasit mevcut bulunuyor olsa da, yaşam için önemli olanlar sadece 20 tanedir. Doğadaki canlı yaşamı sadece 20 adet farklı kimyasal yapıdaki aminoasite dayanır. Bu, 20 tane aminoasitin sonsuz sayıda protein üretmesi doğanın bir lütfüdür.

Çeşitli atomlardan oluşan aminoasitler birer cansız cisimlerdir. Fakat bir protein molekülü teşkil etmek için aralarında birleşince birden canlanırlar. Bunlar bütün canlıların sahip oldukları 60.000 tane farklı proteinleri şekillendirir. Yirmi aminoasitin farklı şekillerde bağlanması ile sonsuz sayıda protein türü ortaya çıkar. Üzerinde sadece on tane aminoasit molekülü bulunan bir protein, 100 milyar defa milyar sayıda farklı alternatif davranış şekillerine sahiptir. Bir boncuk gibi yan yana dizilen aminoasit moleküllerinden oluşan protein zinciri, farklı şekillerde bükülebilir ve üç boyutlu bir görünüm ortaya çıkarır. Bu bükülmelerin oluşturduğu biçim, o proteinin özelliğini belirler.

Her protein farklı aminoasit sıralanmasına ve değişik şekle sahiptir. Protein üzerindeki aminoasit sıraları ve onun biçimi, diğer moleküllerle gireceği etkileşimin özelliğini tayin eder. Aminoasitlerin protein teşkil etmek için meydana getirdikleri şekiller üzerindeki bazı 'bölgeler' diğer moleküllerin o proteine

bağlanma yerleridir. Bu bölgelere bağlanacak moleküller, oranın şekline uyacak şekilde seçilir. Moleküller buralara elektrik yüklerinin çekim güçleri ile bağlanırlar. Hücre içindeki proteinlerin, aminoasit sıralanmasından alacakları çeşitli şekilleri, her şekle uyacak molekülleri kendine bağlamasıyla hücre içinde muhtelif fonksiyonlar yerine getirilir.

Yağ molekülleri, karbon ve hidrojen elementlerini ihtiva eder ve lipitler sınıfının bir üyesidir. Bir vücut ağırlığının %15'ini ve organik maddenin de %40'ını meydana getirirler. Yağların içinde bulunduğu lipitler, trigliserid, fosfolipid ve steroidleri ihtiva eder. Trigliseridler birer yağ olup çok farklı türlere sahiptir. Bunlar, gliserole bağlı üç yağ asidi molekülüdür. Yağ asitleri, hidroksil grubuna bağlanmış karbon ve hidrojen atomlarından oluşmuş zincirlerdir. Bunlar doymuş veya doymamış şekillerde bulunur. Hayvani gıdalardan alınan yağlar doymuş, bitkilerden alınanlar ise doymamış yağ asitleridir. Vücuda giren yağlar deri altındaki bölgelerde birikir ve yüksek kalori deposu olarak saklanır. Vücut eksik enerji seviyesine ulaşınca depodaki yağ asitleri gliserolden parçalanarak ayrılır, karaciğerde glikoza dönüşür ve gerekli enerji kaynağı olarak kullanılır.

Lipitlerin diğer bir grubu olan fosfolipidler, trigliseridlere benzemekle birlikte, bazılarında fosfor, oksijen, karbon ve hidrojen atomlarını ihtiva eder. Fosfolipid molekülleri, hücre zarının temel elemanıdır. Bazı molekülleri zarın arasından geçirme, bazılarının geçmesine engel olma özelliğine sahiptirler. Çift katlı hücre zarının içinde sıralanan fosfolipid moleküllerinin baş ve kuyruk tarafları hücre içindeki sıvıyı çekme, iki zar arasındaki suyu itme, bazı molekülleri zardan geçirme, bazılarını ise geçirmeme özelliklerinden dolayı büyük

bir fleksibiliteye haizdir. Bunların birbirine paralel şekilde sıralanması zarın yapısını oluşturur.

Hücrenin dışta bulunan zarında her fosfolipid molekülüne karşılık bir tane de kolesterol molekülü yer alır. Kolesterol, suda çözünen, karbon ve hidrojenden oluşan rijit bir lipididir. Karbonca zengin olan kolesterol, hücre zarını daha sağlam ve sıkı yapar. Kırmızı kan hücrelerinin zarında bol miktarda kolesterol bulunması onların sağlam ve esnek bir yapıda olmasını sağlar. Bazı hormonlara ham madde veren kolesterol fazlalığı zararlı olup, damarların iç cidarında sert çıkıntılara ve safra taşlarına neden olur. Bu yüzden, bir vücut içindeki kolesterol miktarı oldukça fazladır.

Lipitlerin bir başka grubu ise steroidlerdir. Bunlar, karbon ve hidrojen atomlarının dörtlü çemberler halinde tanziminden oluşur. Steroidler, glikokolatları, progesteron, kortizon, aldesteron, testosteron, östrojen gibi farklı grupları meydana getirir.

Enzimlerin birer protein oldukları 1926 yılında anlaşılmıştı. Enzimler birer organik katalist gibi davranarak bir kimyasal reaksiyonun oranını binlerce kat artırabilmektedir. Tek bir enzim molekülü bir saniyede 100.000 tane molekülü harekete geçirebilmektedir. Enzimsiz reaksiyonlar çok yavaş işler. Enzimlerin sayesinde hücre içinde bir saniyede aynı reaksiyon binlerce defa tekrarlanır. Bu sırada enzim aynı kalır ve kendisinden bir şey kaybetmez.

Bir madde ile temas kuran enzim, molekülün üç boyutlu bağlantısını bozarak elemanlarının reaksiyona girmesi için serbest kalmasını sağlar. Reaksiyonu tamamlayan moleküller tekrar eski şeklini alır. Enzimlerin yaptıkları, etkileşime girecek maddelerin atomlarındaki elektronları birbiri ile birleşmelerine uygun düzene sokmaları şeklindedir. Bir vücut içinde, bütün kimyasal reaksiyonları gerçekleştiren binlerce enzim bulunur.

Her enzim özel bir kimyasal reaksiyonu kontrol eder. Bir DNA molekülü içinde depolanmış genetik kodlar enzimlerin görevlerini belirler.

DNA ve RNA molekülleri, proteinler kadar değişken ve çeşitli değildir. Proteinler, hücrenin amelesidir ve her kimyasal reaksiyonu yönlendirerek vücudun yapısını saklı tutar. Nükleikasitler ise proteinleri oluşturacak bilgileri muhafaza eden canlının kütüphanesinden, bilgileri dışarı çıkarırlar. DNA ve RNA molekülleri uzun nükleodit zincirleri şeklinde olup, her nükleodit, bir fosfat, bir şeker ve bir bazdan meydana gelir. Bir nükleoditin fosfatı şekere bağlanır, şeker-fosfat iskelet aradaki bazlarla birleşir ve uzun bir merdiven şeklinde molekül meydana gelir.

Yiyecekler yüzlerce farklı moleküle sahiptir. Et ve sebzelerde protein ve nükleikasitler, patateste nişasta ve karbonhidratlar, meyvalarda şeker boldur. Bunlar mide içinde enzimler tarafından parçalanarak moleküllere ayrılır. Moleküller de parçalanarak aminoasitlere, nükleikasitler nükleoditlere, onlar da parçalanarak fosfat, şeker ve bazlara dönüşür. Bütün bunlar yeni protein, karbonhidrat ve yeni nükleikasitleri oluşturur.

Yiyecekleri yutar yutmaz sindirim olayı başlar. Sindirim enzimleri, içeri giren her yiyeceği moleküllerine ayırır, bağırsaklar ve pankreasta bulunan enzimlerin de yardımı ile gıdalardan ayrılan şeker, nükleodit, aminoasit ve yağ asitleri, kalın bağırsaktaki hücrelerce soğurularak, vücudun hücrelerine dağıtılmak üzere kana karışır. Yiyeceklerin molekülleri hücrelere girince atomlarına parçalanır. Karbon ve hidrojen atomları havadan gelen oksijen atomuyla birleşerek ATP içinde yanarak enerji yaratır. Azot, sülfür ve fosfor atomları ise protein ve nükleikasit üretir.

Hücre, 10^{-4} metre genişliğinde canlı yaşamın en küçük yapısı olup, içinde 'düşünülemeyecek' hassasiyette çalışan bir mekanizma bulunmaktadır. Bir milyon tanesi bir nokta büyüklüğünü kaplayacak küçüklükte olan hücreler de mevcuttur. Bir insan vücudunda bulunan yaklaşık 60 trilyon hücrenin 'her birinde her saniye 6 trilyon' reaksiyon birbirine karışmadan 'sonsuz bir denge' içinde devam eder.

Karbon, hidrojen, oksijen, azot ve fosfor gibi atomların birleşmesiyle oluşan moleküller, moleküllerin birleşmesiyle meydana gelen daha iri zincir moleküller, onların birleşmesinden çıkan organeller, sonunda bir hücreyi şekillendirir. Hücrelerin birleşmesinden dokular, onların birleşmesinden de organlar ve neticede bir canlı vücut meydana gelir.

Her organın kendine ait türde hücresi vardır. İnsan vücudundaki hücreler kan, kemik, beyin, ciğerler, deri, mide, sperm ve yumurtalık gibi organları meydana getirir. Yapıları daima aynı olan hücrelerin yaptıkları görevler farklıdır. Her organın hücresi o organın yaptığı işleme göre davranır. Hücrenin çekirdeğinde bulunan DNA ve RNA molekülü hücrenin ait olduğu organın çalışma kodlarını taşır ve hücresini buna göre çalıştırır. Beyin hücreleri bilgileri iletir, mide hücreleri besinleri sindirme işlemini yerine getirir, kalp hücreleri onun durmadan atmasını sağlar, deri hücreleri daha elastik olup vücudun korunmasını temin eder. Hücrelerin farklı görevlerinin bilgileri DNA molekülünde depolanmış olup, talimatlar oradan çıkar.

Her hücrenin kendine ait bir ömrü vardır. Bir insan ölünce, bazı hücrelerinin tamamen durması günlerce sürebilir. Kırmızı kan hücreleri 130 gün, beyaz kan hücreleri 1 yıl, kemik hücreleri 3 ay, beyin hücreleri 90 günden uzun, deri hücreleri 1 ay, sperm hücreleri 3 gün yaşar. İnsanın ortalama yaşam süresi

75 yıldır. Fakat insan 150 yıldan daha uzun süre yasayamaz. canlıların yaşlanıp ölmelerine sebep olarak, biyolojik aktivitelerin sonucu vücudun ürettiği bazı kimyasal yan ürünlerin, canlı hücrelere zarar vererek onların fonksiyonlarını zayıflatması gösterilmektedir. Zayıflayan hücreler sonunda bütün vücudun fonksiyonlarını bozarak, canlının ölümüne neden olurlar.

Bir insan vücudundaki 60 trilyon hücrenin her dakika 300 milyonu ölür ve 300 milyonu yeniden yaratılır. Eğer hücreler kendilerinin kopyalarını yaparak çoğalmasaydı, insan yaşamı sadece 140 gün sürerdi. Doğanın hücreye tanımış olduğu bu 'kendini yenileme kabiliyeti' sayesinde, yeryüzündeki canlı yaşamı devam edebilmektedir.

Bu durum doğa yaratılırken ortaya konulan harika yasalardan sadece bir tanesidir.

DNA / RNA

Modern fizyolojinin kurulmasından 350 yıl, hücre teorisinin ortaya atılmasından 115 yıl ve genetik bilimin başlamasından 60 yıl sonra, Nisan 1953'de Watson ve Crick bir DNA-deoxyribo- nucleic acid molekülünün yapısını ilan ettiler. Çift sarmal yapıdaki bu molekül kendi kopyasını üretiyor, proteinlerin şekillenmesi için talimatlar çıkarıyor ve bütün canlı vücudunun ihtiyacı olan genetik bilgileri içinde depoluyordu. Bütün canlı hücrelerin fonksiyonları buradan 'idare' ediliyordu.

Dört kimyasal bazdan meydana gelen DNA, sonsuz sayıda değişik bilgi üreten bir bilgisayar gibidir. Programı, cinsiyetten, canlının boyunun uzunluğuna kadar her özelliği belirler. 'Kromozom' adı verilen 23 çift elementten oluşur. Her kromozom 'gen' adı verilen binlerce kodlanmış talimattan meydana gelmiştir. Her gen, özel bir proteini, her protein de vücudun özel bir fonksiyonunu kontrol eder. 23 çift

kromozomdan birer çift, ebeveynlerin her birinden doğan canlıya geçer.

Yaşayan her canlı DNA'ya sahiptir. DNA'lar canlıların parmak izleri gibidir. DNA'nın anlaşılmasıyla onun şeklini değiştirmek mümkün olmuştur. Böylece canlı organizmanın yaşam şekli ve büyüme hızı ayarlanabilmektedir. Bu teknik günümüzde, meyve, sebze ve bazı hayvan türlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Moleküllerin en güzeli ve plastik benzeri bir madde olan DNA, hücre çekirdeğinin içine yerleşmiştir. Bu bakımdan çekirdek, hücrenin kumanda merkezi gibidir. Hücrenin içindeki bütün faaliyetler çekirdekten kontrol edilir. Çekirdeği bulunmayan bir hücre canlı olamaz. Dev bir molekül olan DNA, bir çift sarmal şeritten ve karşılıklı duran iki şeridin arasında merdiven basamakları gibi sıralanmış ve iki şeridi birbirine bağlayan nükleoditlerden meydana gelir. Her iki şerit birbiri etrafında spiral biçimde sarılmıştır.

DNA'nın görünüşü, aynen, arasında milyonlarca basamak bulunan bükülmüş bir merdiven gibidir. Açıldığında iki metre uzunluğunda olan bu sarmal şerit bir hücre çekirdeğinin içinde rahatça hareket eder. Bir DNA molekülü yaklaşık 300 milyon atomun birleşmesinden meydana gelir. Uzun ve ince sarmal şerit, çekirdek içinde saniyede 100 defa açılır ve sonra tekrar sarılır ve her açıldığında bilgi talimatları çıkarır.

Bükülmüş bir merdiveni andıran DNA molekülünün iki tarafında bulunan sarmal şeritlerin iskeleti, şeker ve fosfat atomlarının birleşmesinden meydana gelmiştir. Çift sarmalın sarılmış durumuna 'kromozom' adı verilir. Bir hücre çekirdeğinin içinde çok sayıda kromozom yer almıştır. Bunların her biri sarılmış DNA molekülleridir. Her iki taraftaki şeritler, kesit parçacıklardan oluşur.

Şeritleri meydana getiren yan kesitlerin her birine ‘nükleodit’ adı verilen üniteler bağlanmıştır. Bunların her birine ‘baz’ denir. Bazlar merdivenin basamakları gibidir. Bazlar, dört oksijen ve bir fosfor atomundan oluşmuş gruba, bir şekerin birleşmesi ile meydana gelir. Dört tür baz olup bunlar, adenin, guanin, sitosin ve timin’dir. Bazlar fosfat ve şeker ihtiva eden moleküllerdir. Bazların bir tarafındaki şeker, asitlerle reaksiyona girerek tuzu şekillendirir. Böylece şeker, fosfattan meydana gelen bir yan kesit ve bir baz birleşerek bir nükleoditi oluşturur.

Adenin ve guanin büyük, sitosin ve timin ise daha küçük boyutlu moleküllerdir. Her basamak, bir büyük ve bir küçük bazın birleşmesinden oluşur. Adenin ve timinin birleşmesinden oluşan boy, guanin ve sitosinin bir araya gelmesinden oluşan uzunluğa eşittir. Adenin+timin ve guanin+sitosin birleşmesinin dışında başka tür birleşmeyle baz oluşmaz. DNA merdiveni boyunca bazların dizilişine ‘genetik kod’ adı verilir.

Şeritler arasındaki nükleodit’ler ikişer gruplar halinde birleşerek bir zincir oluşturur. Bir DNA’daki adenin sayısı timin sayısına, guanin sayısı da sitosin sayısına eşittir. Fakat, adenin+guanin sayısı ile timin+sitosin sayısı arasında belirli bir oran yoktur. Dört baz farklı ölçülerdedir. Adenin timinle, sitosin de guaninle birleşince iki yan şerit arasında düzgün bir görünüm teşkil ederler. Dört baz arasındaki uzunluk farkı, adenin ile timinin, guanin ile sitosin sayılarının eşit olması, iki sarmal arasında ancak adeninin timinle, guaninin de sitosinle birleşerek birer çift oluşturmasına izin vermektedir. Bir şeritteki bazların dizilişi, bütün protein gruplarının üretilmesi için gerekli bilgiyi içerir. Proteinlerin tarifi bazların dizilişindedir.

DNA’lar, çekirdek içinde, çubuk şeklindeki kromozomlar içine sıkışmıştır. DNA, kromozomun genleri taşıyan kısmıdır. Kromozomun geri kalan kısmı ise proteinlerdir. Çekirdek

içinde 46 tane karışık durumda sarılmış kromozom sayısı, diğer canlı türlerinde farklı sayıdadır. DNA'yı içinde koruyan kromozomlar hücre bölünmesi sırasında görülebilir hale gelirler.

DNA nükleoiditleri içindeki atomların dizilişi genetik bilgileri yaratır. Her bir genin içine kodlanmış bilgi, hücre içinde belli bir reaksiyonu kontrol edecek enzimi üretir. Ayrıca, genler birbirlerini de kontrol eder. Bir DNA, aynı zamanda kendi kendisini yönetir, onarır ve kopyasını üretir. Bir hücrenin ikiye bölünmesi sırasında çift sarmal çözülerek bir kopyasını yapar ve hücre ikiye ayrılmadan önce iki benzer DNA meydana gelir.

Hücre Çekirdeğindeki 46 tane DNA, 23 benzer çift oluşturur. Bir DNA'nın %10'dan daha az bir kısmı protein üretecek bilgiyi taşır. Diğer bazlar ise rasgele şekilde dizilmiştir. DNA şeridinde 6 milyar nükleodit vardır. Her nükleodit bir kelimeye, her DNA binlerce kitaba tekabül eder. Kitapların her sayfası bir protein demektir.

Bir DNA molekülündeki sır bazların sıralanmasındadır. Proteinlerin yapı taşları olan 20 tane aminoasiti kontrol eden bilgi buradadır. Her aminoasiti yerine oturtacak talimat bazların sıralanmasından ortaya çıkar. Dört bazdan ikisinin kodu sadece 16 tane kombinezon yaratır. Halbuki 20 kombinezon gereklidir. Dört bazdan üçünün yaratacağı permütasyon ise 64 kombinasyon çıkarır.

Bazlar üçlü gruplar halinde bir araya gelir ve üç bazın tek bir kombinasyonuna 'kodon' adı verilir. Bir kodon tek bir aminoasiti belirler. Bir DNA molekülünde milyonlarca üçlü baz grubu bulunur. Dolayısıyla milyonlarca kodon çıkar. Bir DNA sarmalının hafızasına kayıtlı bilginin oluşturabileceği aminoasit kombinasyonu çeşitliliği 20^{100}, yani yaklaşık sonsuzdur.

Bir kaç düzine ile birkaç bin baz çiftinin oluşturduğu segmanlara ‘gen’ adı verilir. Bir gen bir bilgiye tekabül eder. Her gen ayrı bir proteini kodlar. Bir genin taşıdığı bilgi, bir proteini yapacak aminoasit dizilişine karşılıktır. Bir protein de, hücre içinde, bir kimyasal reaksiyon için enzim görevini yerine getirir. ‘Bir gen-bir enzim’ kaidesi moleküler biyolojisinin temelidir. Genin uzunluğu yapacağı proteine göre değişir. Bir DNA molekülünün sadece %5’i genlere sahip olup, %95’i protein için kod çıkarmaz, yani bir hurdadır. Bir organizmanın genetik kodlarının tamamına ‘genome’ adı verilir. İnsan genome’si 80.000 adet farklı geni ihtiva eder. Her hücrede her genin bir kopyası (alel) bulunur. Her kromozomda birer adet gen birbirine uyar.

Genler DNA’nın uzunluğu boyunca sıralanmıştır. DNA içinde bilgi depolanması dört bazdan üçünün özel bir dizilişine göredir. Bunlar birbiri ardında sıralanmıştır. DNA içinde üçlü Bazların dizilişi, hangi aminoasitin hangi proteini şekillendirmek için nasıl sıralanması gerektiğini belirler. DNA’nın sarmal şeritleri üzerindeki genlerin her biri, ait bulundukları bazların dizilişine göre, ayrı bir proteini oluşturur. İnsan DNA’sı 80.000 protein inşa edecek bilgiye sahiptir. Proteinlerden bir kısmı yaşamın ilk 9 ayı içinde, bir kısmı ise ihtiyaç duyuldukça üretilir. Hangi proteinin ne zaman üretileceği yine özel bir proteince kontrol edilir.

Adenin timin ile, guanin ise daima sitosin ile birleşmesi sonucu meydana gelen bir DNA sarmalı uzunlamasına iki parçaya ayrıldığında, sarmalın basamaklarını meydana getiren adenin-timin ve guanin-sitosin çifti birbirlerinden kopar. Tek başına kalan şerit hücre sıvısı içinde yüzen ve karşıt nükleoditlere sahip başka bir şerite doğru giderek onunla birleşir ve yine tam bir çift sarmalı meydana getirir. Tek taraf

kalmış şeritlerin her biri başka bir tek taraflı şeridin bir karşıtıdır.

Bu birleşme sırasında şeker ve fosfattan oluşan yeni yan iskelet, diğer şeridin nükleoditlerinin açıkta kalan uçları ile birleşir. Böyle bir çoğalma işlemi ancak kromozomların açılarak, uzun DNA şeridini şekillendirdiğinde meydana gelir. Enzimin etkisi ile sarılmış durumdaki kromozomlar açılma işlemi sırasında, bir saniye de 100 dönüş yapar. DNA sarmalının uzunluğu oldukça büyük olduğundan, çift sarmal bir çok noktadan birbirinden kopar.

Proteinler doğrudan DNA moleküllerince imal edilmez. Bunlar, çekirdeğin dışında hücre sıvısı içinde bulunan endoplazmik üzerinde yapışmış olan küçük ribozom organellerince üretilir. Protein yapmak için oluşan işlem sırasında, çift sarmalın bir tarafı diğerinden uzunlamasına ayrılarak bir gen ile ona bağlı bir bazı şeritten koparır. Böylece DNA sarmalının düzleştiği yerdeki bir kolundan koparak ayrılan kısa şerit, DNA'dan parçalanan bazlardan oluşur. Bu tek taraflı yeni şeride 'RNA-ribonucleic acid' adı verilir. RNA, transkriptaz denilen bir enzim tarafından imal edilir. RNA'nın oluşumu sırasında saniyede elli baz ona bağlanır. Bu işlemi kontrol eden kodonlar, aminoasitleri şekillendiren kodonlardan farklı olanlardır.

RNA, DNA gibi şeker ve fosfat atomlarından oluşan polimer bir moleküldür. RNA tek taraflı bir merdiven gibidir. DNA'dan diğer bir farkı, timin'in yerine urasil'in gelmesidir. DNA'daki şeker deoxyribose, RNA'daki ise ribose'dir. RNA'da guanin sitosin ile, adenin de urasil ile birleşir. DNA bir yemek kitabı, RNA ise bir aşçı görevini yapar.

Bir RNA üretiminin hassasiyeti oldukça fazladır. Her 100.000 bazdan bir tanesi hatalı çıkar. Fakat bu durum sonucu

etkilemez. RNA'daki bazların üçü DNA bazları gibidir. Bir helis olmayan ve DNA sarmalının boşalıp uzaması ile oluşan RNA'da, timin bazı yerine urasil bazı bulunur. Urasil, DNA'nın adeninine bağlanır. Bu şekilde oluşmuş RNA zincirine 'haberci-RNA' adı verilir. Haberci-RNA'da enzimler şeridin başına guanini, sonuna da adenini ekler. Bu işlemi RNA polimerazi yapar. RNA polimerazi bu işi yaparken DNA polimerazi kadar dikkatli davranmaz ve her 10.000 bazda bir hata yapar. Bu hata oranı fazla bir zarar getirmez.

DNA'nın şeritlerinden kopup ayrılmış DNA'nın genlerindeki bilgileri taşıyan haberci-RNA, çekirdek zarındaki gözeneklerden dışarı çıkarak hücre sıvısı içindeki birer okuyucu olan ribozomlara doğru yol alır. Bu sırada, haberci-RNA'daki gereksiz bölümler dışarı atılarak, molekülün boyu ribozomlar tarafından okunabilecek uzunluğa gelir. Her haberci-RNA, milyonlarca DNA geninin birinden meydana geldiğinden, sadece bir genin bilgisini taşır ve çekirdeğin dışına çıkarır.

Ribozomların hücre sıvısı içindeki milyonlarca aminoasitle temasından önce aminoasitlerin, ribozomların yakınına özel bir diziliş içinde taşınması gerekir. Bu işlem, haberci-RNA'dan çoğalan ve 'transfer-RNA' adı verilen başka bir RNA tarafından yerine getirilir. Transfer-RNA hücre sıvısı içinde dolaşarak ortadaki 20 farklı çeşit aminoasiti toplar ve onları ribozomların yakınına getirir. Bu işlemden sonra haberci-RNA, transfer-RNA ve ribozom birlikte çalışarak protein zincirini kurarlar. Daha sonra, ribozomlar haberci-RNA şeridi boyunca gezinerek oradaki bazların kodon dizilişini tekrar okur, transfer-RNA'daki aminoasitleri istenen sıralama içinde seçer ve onları bir protein teşkil edecek şekilde birbirine bağlar. Meydana gelen bu proteinler ya hücre içindeki organeller tarafından veya hücre dışındaki olaylar için kullanılır.

Ribozomun çalışma hızı saniyede 10 aminoasittir ve bir proteini 1 dakikada tamamlar. Ribozom her 10.000 aminoasitte bir hata yapar. Meydana gelen proteinler önce şekilsiz uzun moleküllerdir. Ribozomların işlerini bitirmesinden sonra proteinler şekillerini alır, hücre içindeki görevlerini tamamlayınca yok olur, sonra tekrar üretilirler.

Çekirdek içindeki kromozom sargılarının açılması ile ortaya çıkan DNA çift sarmalları ve onların ortalarında bulunan bazların oluşturduğu üçlü kodonlarla, en sonunda meydana gelen canlı yaşamın yapı taşları olan proteinler arasında son derece karmaşık bir proses devam etmektedir. DNA'yı harekete geçirip, bütün bu olayların çok hızlı bir şekilde oluşmasını sağlayan doğanın yarattığı enzimlerdir.

DNA molekülündeki nükleoditler, enzimler ve proteinler canlı yaşamının en temelindeki üç olgudur. Proteinlerin canlı vücudunu kontrol etmesi, enzimlerin reaksiyonları hızlandırma kabiliyetine sahip bulunması ve en önemlisi, bir DNA sarmalının ortasında yer alan dört bazın üçlü gruplar halinde dizilişinin yarattığı sonsuz sayıdaki bilgi deposu ve bütün bunların 60 trilyon hücrenin her birinde bir saniyede 100 defa reaksiyona girmesi, insan aklının düşünme kapasitesinin çok ilerisindedir. doğadaki bütün canlı türlerinin tüm özellikleri DNA sarmalının içindeki bilgi deposundan kontrol edilmektedir.

Hayvan hücrelerinin çoğunlukla proteinlere, daha az miktarlarda karbonhidratlara dayanmasına karşılık, bitki hücrelerinin yapısı çoğunlukla karbonhidratlara ve azınlıkta da proteinlere dayanır. Bitki hücreleri genellikle hayvanlardaki ile aynı olan organellere sahiptir. Hayvanların sadece iki molekül genişliğinde ince zarlarına karşılık, bitki hücreleri kalın selüloz duvarlara haizdir.

Bitki hücreleri kendi ürettikleri ile yaşarlar. Bitki hücrelerinde 'kloroplast' adı verilen fazladan bir organel bulunur. Bunlar, hücre sıvısı içinde yer alan küçük yeşil renkli organellerdir. Sayıları yirmi civarındadır. Kloroplastların içinde bulunan 'klorofil paketleri' bitkilerin yapraklarında yer alıp, Güneş'in yeşil ışığını yansıtarak, spektrumdaki geri kalan diğer renkleri soğururlar. İçlerine aldıkları ışınlardan enerji kazanarak, bu enerjiyi su moleküllerini hidrojen ve oksijene ayrıştırmakta kullanırlar. 'Fotosentez' adı verilen bir prosesin sonunda bitki hücreleri kendi karbonhidratlarını üretirler. Hayvan hücrelerinin mitokondria organellerinde yapılan ATP molekülü, bitkilerde kloroplast organelinde üretilir.

1970'lerin başlarında insanoğlu bilimde bir ihtilal yaptı ve genlerle oynamaya başladı. Tarihte ilk defa bir laboratuarda genler birleştirildi ve genlerin arkasında, insan yaşamını değiştirecek muazzam bir potansiyelin mevcut bulunduğu anlaşıldı. Böylece 'genetik mühendisliği' başlamış oldu.

Her kromozomdaki genlerin pozisyonu bilinmekte olup, bir kısmının haritası halen çıkarılmıştır. DNA zincirindeki genleri dilimler halinde yerlerinden çıkarmak ve yerlerine başka gen dilimlerini koymak mümkün olmaktadır. Bu işleme 'rekombinas- yon' adı verilir. Meydana gelen yeni DNA molekülüne ise 'rekombinant-DNA' denir. Bu işlem genetik mühendisliğinin esasıdır.

Genetik mühendisliği DNA'yı kısaltan ve onları birbirine bağlayan iki tür enzime dayanır. Biyolojik bir kataliz olan boy kısaltan enzim, bir DNA sarmalının iki şeridini istenilen yerden ikiye ayırır. Bakteri hücrelerinden elde edilen bu tür enzimlerden yüzlercesi halen tanımlanmıştır. Bu enzimlerden biri DNA ile temas ettiğinde DNA molekülü belli bir yerden kesilir ve yan duvarlardaki gen parçacıkları serbest kalır. Bağlayıcı enzimler ise DNA ile temas ettiğinde herhangi iki

DNA parçasını birbirine bağlayarak aralarında yeni şeker fosfat bazlarını oluşturur. Böylece bu iki enzimin tatbiki ile DNA şeritlerini istenilen yerlerden kesip kısaltmak veya kesik parçaları birleştirmek mümkün olmaktadır.

Enzim türlerinden biri ile kesilip parçalanan DNA'nın genleri, diğer bir tür ile yapıştırılmakta ve yeni DNA kombinezyonları elde edilmektedir. Yeni DNA hücre içine yerleştirilerek, üzerinde taşıdığı yeni bilgi kodlarına göre yeni ve değişik proteinleri üretmesi sağlanmaktadır. Bu işleme 'rekombinant-DNA tekniği' denir. Yeni DNA'yı alan hücre, Aynı DNA'lara sahip yeni hücreleri üretmektedir. Çoğalan yeni hücreler, aşılanan hücrenin DNA'sındaki bilgileri taşıyarak istenen proteinleri imal etmek- tedir. Bu yoldan elde edilen protein türleri ve miktarları, ait oldukları canlının yaşamını kontrol edebilmektedir.

Gıda üretiminde ve tarımsal alanlarda tatbik edilmiş olan rekombinant-DNA tekniği oldukça başarılı olmuştur. İneklerde süt üretimini %40 oranında artırmıştır. Buğday, pirinç, portakal, mandalina gibi gıda ürünlerinin daha iri ve çabuk büyümeleri sağlanmıştır. Dikkatsizce yapılan denemeler birçok ürünün çirkin ve tatsız bir şekil almasına ve ekosistemin zarar görmesine de sebep olmaktadır. 1980'lerden itibaren ilaç üretimine de tatbik edilen bu teknik birçok hastalıkları kontrol altına almayı başarmıştır. Önümüzdeki yüzyıllarda Dünya insanlarını bekleyen en büyük sorun olan gıda probleminin çözümü olarak gözüken genetik mühendisliği, insanlık için büyük bir riski de beraberinde getirmektedir.

1990'da 15 yıl sürecek ve 3 milyar dolara mal olacak olan 'genome' projesine başlandı. Projede insan türünün gen haritasının çıkarılması ve bütün genlerin ihtiva ettiği bilgilerin tanımlanması öngörülmektedir. Proje tamamlandığında insanın

'insan hakkındaki anlayışı' değişecektir. Bütün hastalıklar kontrol edilebilecek, beyinde nelerin olup bittiği anlaşılacak ve insan davranışları belirlenebilecektir. İnsan genome'si yaklaşık 80.000 geni kapsar ve DNA 3 milyar bilgiyi içerir. 3 milyar dizilişten bugüne kadar 35 milyonu tanımlanabildi. Genome projesinin tamamlanmasından sonra genlerin ne oldukları, taşıdıkları mesajların tercümeleri, bu mesajların bir insanı nasıl inşa ettiği çözülecek ve insanın 'kopyasını' üretmek mümkün olacaktır. Yani insan, insanı tanımış olacaktır.

Bir canlı vücudundaki hücrelerin bir kısmı her an ölmekte ve bir o kadarı da durmadan bölünme yolu ile yeniden ortaya çıkmaktadır. Hücrelerin çoğalması, 'mitoz' ve 'mayoz' adı verilen iki metotla gerçekleşir. Canlı vücutlarındaki hücrelerin çoğalması mitoz yolu ile gerçekleşir. Sperm ve yumurtalıkların meydana gelmesine neden olan seks hücrelerinin bölünmesi ve çoğalması ise mayoz denilen daha farklı metot ile oluşur.

Mitoz yolu ile hücre çoğalmasında, önce çekirdekteki kromozomlar sarılmış durumdan çözülerek uzun DNA sarmalları haline gelir. Açılan sarmallar daha sonra, uzunlamasına ikiye ayrılır. Birbirinden ayrılan her DNA şeridi, karşıt şeridi ile birleşerek tekrar sarılır ve yeni bir kısa ve kalın kromozomu meydana getirir. Yani kromozom kendisinin bir kopyasını yapar. Eski ve yeni şeritlerin oluşturduğu bir çift kromozom merkezlerine yakın bir bölgede birleşerek bir kelebek şeklini alırlar. Sonra çekirdeğin nükleer zarı açılarak kromozomlar hücre sıvısının içine girerler.

Önceleri hücrenin ortalarında toplanan bu çiftli kromozomlar, bir proteinin etkisiyle birbirinden koparak hücrenin içinde ters yönlere hareket eder. Bu işlemden sonra, hücre orta kısmından daralmaya başlar ve sitoplazma iki tarafta toplanır, yeni nükleer zarlar oluşur ve sonunda hücre ikiye

ayrılır. Ortadan ikiye ayrılan her yeni hücrenin içinde 23 çift veya 46 tane yeni kromozom oluşur. Mitoz metodu ile hücre çoğalması, insan vücudunda devamlı olarak gerçekleşir. Mitoz bölünmesinde, her yeni hücre orijinalin aynısı genlere sahip olur. Hücre bölünmesi canlının her yaşında ve her organında farklı gerçekleşir.

Mayoz yolu ile gerçekleşen hücre çoğalması, yine mitozdaki gibi, kromozomların çözülmesi, açılan DNA şeritlerinin ikiye ayrılması, her şeridin karşıtı ile birleşerek kısa ve şişman yeni bir kromozom çifti oluşturması ile başlar, fakat sonra farklı şekilde devam eder. Kelebek şeklinde birleşmiş çiftli kromozomlar tekrar çiftler halinde birleşerek, çapraz bir şekilde dörtlü görünüm meydana getirirler. Sonra bu çapraz şekilli kromozom grupları birbirlerine yaklaşır. Fakat bunu bir sistem içinde yaparlar. Birbiri ile aynı karakterde olanlar temas ederek uzunluklarını kontrol eder ve gen alış verişinde bulunurlar.

Daha sonra, kromozomların iki ters tarafta toplanması ile hücre uzar, ortasından daralır ve ikiye bölünür. Meydana gelen iki yeni hücrenin her ikisinde, ilk hücredeki kromozom çiftlerinden birer tane bulunur. İkiye ayrılmış yeni hücrelerin her biri, aynı işlem sonunda, yine ikiye ayrılır ve dört hücre oluşur. Tek hücrenin bölünmesinden ortaya çıkan iki hücredeki çapraz şekilde birleşmiş dörtlü kromozomlar, ikinci bölünmede birbirlerinden ayrılarak birer çift haline gelir. Böylece tek hücreden iki safhada bölünmeyle oluşan dört hücre içinde, ikişer tane kelebek görünümünde çift kromozom toplanmış olur.

Mayoz bölünmesi sperm ve yumurta hücrelerinde gerçekleşir ve yeni hücrelerin her biri her iki ebeveynin kromozomlarının yarısına sahip olur. Her çiftin üyeleri rasgele birleşerek 23 sperm ve 23 yumurta hücresinin bir takımını

kurar. Bütün çiftler mevcut olduğundan genlerin komple bir takımı oluşmuş olur. Sperm ve yumurta birleşince meydana gelen yeni hücre (alel) ebeveynlerininkinden farklı olur. Bu durumda, oluşan yeni gen, ebeveynlerin özelliklerini taşıdığı gibi, ondan farklılıklar da gösterebilir.

Canlılarda hücre bölünmesi doğumdan başlar, yaş ilerledikçe yavaşlar. İleriki yaşlarda ise durur. Bir organın bir kısmı alınınca hücre bölünmesi hızla gerçekleşir ve organ kendisini yeniler. Organ bir bütün haline gelince, bölünme sona erer. Hücrenin bu otomatik bölünme işlemi bir 'doğa harikası' olup, tam nedeni henüz belli değildir. Bu durum, insanoğlunun belki de hiç bir zaman çözemeyeceği doğa sırlarından biridir.

Hücre P53 tümörü adı verilen bir proteini üretir. Az miktarda üretilen bu proteinin molekül ağırlığı tek bir hidrojen atomunun 53.000 katıdır. P53 proteini bazen DNA sarmalının etrafına sarılır ve onun bilgi çıkaran bölgesini bloke eder. Bu duruma gelmiş bir hücre bölünemez ve sonunda hücre ölür. Kanserlerin çoğu P53 tümöründen kaynaklanır. Bazı kanserler ise, P53 tümörüne hücum eden virüslerce yaratılır.

Erkek ve dişi üreme organlarındaki hücrelerin bölünmesi mayoz metodu ile gerçekleşir. Canlıların üremesine sebep olan hücrelerin mayoz usulü ile çoğalmasının altındaki gerçek, bölünen her hücrenin kromozom sayısının yarısını ihtiva etmesi ve böylece spermlerin yumurtalıklarla birleşmesinde normal kromozom sayısına ulaşılması ve ayrıca baba ve anneden gelen karakteristiklerin karışımının doğacak canlıya geçmesini mümkün kılmasıdır. Baba ve anne hücrelerinden çıkan genetik malzeme mayoz usulü ile bölünen hücrelerde birleşir.

Kalıtım, bireyin karakteristiklerini belirten genetik bilgilerin döllerle ebeveynlerden yeni nesillere iletilmesidir. Bu ise, hücrelerin bölünerek çoğalması yani mayoz metodu ile gerçekleşir. Avusturyalı Gregor Mendel, 1856'da fasulye

bitkilerini inceledi. Fasulyelerin sap boyları, tohum şekilleri ve çiçek renkleri gibi yedi ana özelliklerini araştıran Mendel, fasulyelerin karakteristiklerinin her bir jenerasyona üçe bir oranında geçtiğini gördü. Fasulye bitkilerinin birkaç jenerasyonlarını inceledikten sonra, farklı boylardaki fasulye bitkilerinin uzunluklarının, tohumların özelliklerinden ileri geldiğini anladı.

Mendel, bir tür fasulyeyi başka bir türden aldığı polenlerle dölledi. Ortaya çıkan yeni melez fasulyelerin özelliklerini gözledi. Biri uzun diğeri kısa boylu iki tür fasulyeyi dölleyince sonuç orta boy fasulye değildi. Melez fasulyeler de uzun boylu idi. Melez fasulyeleri de birbiri ile dölleyince, bu defa, yeni melez fasulyelerin 1/4'ü kısa, 3/4'ü ise uzun boylu oluyordu. Günümüzde gen olarak adlandırılan kalıtım faktörünü tarif eden Mendel, 21.000 bitki üzerinde yaptığı incelemelerin sonunda 'kalıtım yasalarını' ortaya koydu.

1856'da Mendel'in DNA'dan haberi yoktu. 1900'lerin başlarında kromozomların anlaşılması ile Mendel'in buluşları önem kazandı. 1900'de Bateson genetik bilimini, 1920'lerde Müller genetik mutasyonları buldu. 1950'lerde de DNA ve genler anlaşıldı, mayoz hücre bölünmesi belirlendi. Ve kalıtım açıklığa kavuştu. Bugün, genlerin kalıtıma sebep olduğu bilinmektedir.

Bütün organizmaların dölleri, karakteristiklerini her biri ikişer takım gene sahip ebeveynlerinden alır. Her ebeveyn döle bir takım gen verir. Her iki ebeveynden gelen birer takım genin her biri bir özelliği belirler. Bunların kombinezyonu dölün özelliklerini belirler. Her iki gen de aynı ise, mesela, her ikisi de mavi göz geni ise, çocuğun gözü mavi renkli olur. Genlerden biri mavi diğeri kahverengi ise bu iki genden biri galip gelir.

İnsanlarda galip gelen gen, koyu renkli olanıdır ve çocuğun göz rengi kahverengi olur.

Genler, daima ya aktif veya pasiftir. Birleşme sonunda aktif gen kazanır, pasif olan ise kaybeder. İki aktif gen birleşince sonuç bu genlerin özelliklerine uygun olarak çıkar. Bir aktif ve bir pasif gen birleşince aktif olanın özelliği belirir. İki pasif gen birleşince de çocukta pasif genlerin özelliği oluşur. Mendel'in fasulyelerinde uzun genler aktif idi. Fasulyelerin birinden aktif (U+U), diğerinden ise pasif (K+K) genler gelmişti. Ortaya çıkan melezlerde U+K genleri oluştu. Bunlar yeni fasulyeleri uzun boylu yaptı. Çünkü U'lar aktif genlerdi. Melezler birbiri ile döllenince ise, U+U, U+K, K+U, yani üç uzun ve K+K, yani bir kısa fasulye ortaya çıktı.

X=uzun, Y=kısa boya ait genler olduğunda ve ebeveynlerden birinin X+X aktif genlere, diğerinin Y+Y pasif genlere sahip bulunduğu düşünüldüğünde, her döl bir X ve bir Y'den oluşur Yani X+Y'dir. Burada X aktif gendir. Döller birleşince, ortalaması X+X, X+Y, Y+X ve Y+Y şeklinde dağılım gösterir. Bu durumda, ilk üç çocuk uzun boylu, dördüncü çocuk ise kısa boylu olur.

Genlerin her biri özel bir karakteristiğe göre kodlanmıştır. Bir döl, göz rengine kodlanmış her bir genin iki kopyasını taşır. Her bir kopyaya 'alel' adı verilir. Gözün rengi, ebeveynlerden gelen döldeki alel çiftine bağlıdır. Genlerden biri diğerine göre daha aktiftir. İki gen aynı durumda olamaz. Bir çocuk annesinden mavi göz aleli, babasından kahverengi göz aleli aldığı zaman, çocuğun göz rengi kahverengi olur. Çocuk her ikisinden de kahverengi göz aleli aldığında göz rengi kahverengi, her ikisinden mavi göz aleli aldığında da çocuğun göz rengi mavi olur. Buna rağmen genlerin aktif ve pasif olmaları yüzünden, her ikisi de kahverengi olan ebeveynlerden olan bir çocuğun göz rengi mavi de olabilir.

Biri kahve diğeri mavi gözlü ebeveynlerden olan bir çocuk kahve gözlü olmuş olsun. Bu çocuk mavi gözün 'pasif' genini taşıyabilir. Bu çocuk yine, mavi göz 'pasif' geni taşıyan, fakat göz rengi kahve olan birisi ile evlenip ondan bir çocuğu olunca, çocuklarının göz rengi mavi olabilir. Ki, bu durum ebeveynlerden her ikisinin göz renklerinin kahve olmasına rağmen.

Renk körü olan birisi, renk körü olmayan bir kimse ile evlenince, doğan dört çocuk arasında renk körü olma ihtimalleri: minimum 0 (eğer aktif gen taşıyan ebeveyn hiç pasif gen taşımıyorsa), maksimum 2 (eğer aktif gen taşıyan ebeveyn sadece bir pasif gen taşıyorsa) olur. İnsanlarda, kahve göz rengi, renk ayırma, güçlü saçlar aktif gen halleri, mavi göz rengi, renk körlüğü ve saç dökülmesi pasif gen durumudur. Ayrıca, inanılması zor da olsa, altı tane parmak geni, beş tane parmak genine göre 'aktif'dir.

Mayoz hücre bölünmesinde, kromozomlardan biri babadan, diğeri anneden olmak üzere çiftler halinde görülür. Kromozom çiftlerinden biri seksi belirler. Seks üretiminde, dişiden gelen döllerin bir X kromozomu ihtiva etmesine karşılık, erkekten gelen döller ya X veya Y kromozomunu kapsar. X kromozomu dişi için talimatları ihtiva eder. Y ise erkek talimatını kapsar. Böylece, ortaya çıkan dölün cinsini erkekten gelen kromozom belirler. Sonuçta babanın Y spermi yumurtaya daha önce rastlarsa bebek erkek olur ve bu durumda X+Y kombinezyonu şekillenir. Eğer yumurtaya X spermi rastlarsa X, annenin X kromozomu ile birleşir, X+X şekillenir ve bebek kız olur.

Organizmalar

Ortamdan enerji alarak onu kendileri için kullanan, çevreden farklı kimyasal özelliklere sahip olan, kendi kendilerini üreten ve karbon temelli organik moleküllerden meydana gelen canlı birimlerine 'organizma' adı verilir. Bütün organizmalar büyüme, gelişme ve çoğalma kapasitesine sahiptir.

Yeryüzünde yaşayan organizmalar eski tarihlerde, hayvanlar ve bitkiler olarak bilinirdi. Bugünkü modern bilim onları beş ana grupta inceler. Her grubun kendine ait özel karakteristikleri bulunmaktadır. Her grup, yüzlerce veya binlerce türü kapsar.

MÖ-350 yılında eski Yunanlı Aristotle, 500 tane hayvan türünün sınıflandırmasını yaptı ve bunları sekiz grupta topladı. Daha sonra onun öğrencisi Theophrastus, 550 tür bitkiyi tanımladı. 1735 yılında İsveçli Carolus Linnaeus, günümüzde hala kullanılan organizma sınıflandırmasını yaparak modern taksonomi bilimini kurdu.

Dünya tarihinin son 3.5 milyar yılı içinde, ilk canlının ortaya çıkışından bugüne kadar, 2 milyardan fazla türün yaşamış olduğu bilinmektedir. Bütün bu türlerin %90 ile %99.9 arasındaki bir miktarının evrimlerini tamamladıktan sonra yok oldukları düşünülmektedir. Günümüzde, Dünya üzerinde yaşamakta olan organizma türlerinin sayısı 30 milyona yaklaşmaktadır. Bu sayı, bütün zamanlarda yaşamış tür sayısının sadece binde biridir. Her yıl, birkaç yüz tür yok olmakta ve yenileri ortaya çıkmaktadır.

Organizmaların en önemli özellikleri, onlar beslenir, nefes alır, dışkı çıkarır, büyür, ürer, ortam şartlarına uyar ve hareket ederler. Organizmaların yapıları ise, protoplazmaların birleşmesi ile oluşan hücre, hücrelerin birleşmesi ile oluşan doku, dokuların birleşmesiyle oluşan organ, organların birleşmesiyle oluşan sistem ve sistemlerin birleşmesiyle oluşan organizma şeklindedir.

Paleontoloji, genetik, biyokimya ve mikroskopi bilimlerinin yardımıyla organizmalar beş krallıkta incelenir. Bunlar: monera, protista, mantar, bitki ve hayvan krallıklarıdır. Monera ve protista krallığına giren organizmalar tek hücrelidirler. Diğerleri ise çok hücreli bir yapıya sahiptir.

Monera'ların içine çeşitli şekillere sahip bakteriler ve mavi-yeşil alg'ler girer. Klorofil organeline sahip olan alg'ler ve bakteriler, bir çekirdeği bulunmayan prokaryotik hücrelerden oluşur. Prokaryotik hücrelerde DNA molekülü, hücrenin içinde gevşek bir biçimde yer alır. Yaklaşık 4000 türü bulunan monera'lar ne hayvanlara nede bitkilere benzer olup, 3 milyar yıl önce ortaya çıkan ilk canlı türleridir.

Bakteriler, yeryüzünde en bol bulunan, her ortamda ve diğer canlı türlerinin içinde veya üzerinde yaşayan organizmalardır. Boyları bir milimetrenin binde biri ile yüzde biri arasında değişir. Küresel, çubuk veya spiral şekillerdedir. Çekirdeği

bulunmayan bakterinin içinde tek bir DNA sarmal şeridi vardır. Bakteri DNA'sı yaklaşık 3000 geni üzerinde taşır. Diğer organizmalar gibi, yaşamak için azot, hidrojen, oksijen, fosfor ve karbona ihtiyacı olan bir bakteri bu elementleri diğer canlılardan kolayca elde edebilir.

Binlercesinin bir araya gelmesiyle oluşan ve koloniler halinde yaşayan bakterilerin çok azı klorofile sahiptir. Kendilerini yıllarca ortam değişikliklerinden ve kurumaktan koruyan sağlam hücre zarlarına haizdir. Bakterilerin çoğunluğu insan yaşamı için zararsızdır. Bir insan derisi üzerinde yaklaşık 600 milyon bakteri yaşar. Toprakta yaşayan bakteriler, ölü bitki ve hayvan vücutlarının organik maddesini çözen enzimler olarak davranır ve yeryüzündeki yaşam için gerekli proses devresine yardımcı olurlar. İnsan vücudunda yaşayan patojenik bakteriler ise çıkardıkları güçlü toksin zehirleriyle hastalıklara ve bazıları ani ölümlere sebep olur.

Diğer alg'lere karşın mavi-yeşil alg'ler birer bitki değildir. Kaya ve ağaç gövdeleri üzerinde koloniler halinde görülen bu tek hücreli organizmalar, sıcak su kaynaklarından soğuk kutuplara kadar her aşırı ortamda yaşayabilirler. Bakterilerin tersine mavi-yeşil alg'ler, bitkiler gibi fotosentez yaparlar. Kloroplast organeline sahip olmalarına rağmen mekanizmaları havadan oksijeni alıp sonra bırakma kabiliyetine sahiptir.

Protista'ların 50.000'den fazla türü bulunur. Bir çekirdeği bulunan tek hücreli bu organizmaların bakteri, mantar, bitki ve hayvanlardan önemli farklılıkları mevcuttur. Protistaların çoğu fotosentez prosesini gerçekleştirir. Protozoa adı verilen protistalar hem hayvan hem de bitki karakterine sahiptir. Protozoaların birçoğu su içinde yaşar, diğerleri ise birer parazit olarak belli ortamda sabit durur. Diğer organizmaların içinde yaşayanlar hayvan hastalıklarına neden olur. Buna karşılık, bazıları su arıtma tesislerinde bakterileri imha etmekte

kullanılır. Son yıllarda, hilal şeklindeki bir protozoa türünün insanlarda beyin ve göz hastalıklarına, başka bir türün de AIDS'e sebep olduğu bulunmuştur.

Tek hücreli organizmaların büyük bir kısmı her ortamda serbestçe hareket eder. Bazılarının dış taraflarında bulunan uzun kıllar onlara hızlı yer değiştirme imkanını sağlar. Bazıları ise, hücrelerinin şekil değiştirmesi ile yol alır.

Virüsler tek hücreli, çekirdeği bulunmayan organizmalardır. Onların bağlı oldukları krallığı tespit etmek imkansızdır. Virüsler, canlı ve cansız organizmaların tam sınırında yer alırlar. Canlı bir organizmanın dışında virüs bir cansızdır. Canlı bir organizmanın içine girince canlanırlar. Bir parazit olan virüsler her organizmanın içinde yaşayabilir. Bir bakteriden 10 ile 100 defa daha ufak olan virüslerin boyları bir milimetrenin binde birinden iri bir molekül büyüklüğü arasında değişir. Tipik bir virüsün boyu bin tane atom büyüklüğündedir. Bazı virüsler o kadar büyüktür ki, en büyük virüs en küçük hücreden daha iridir. 200 türü tanımlanmıştır. Şekilleri çok değişiktir. Virüs, ya en karmaşık inorganik madde veya en basit bir canlı parçası olarak düşünülebilir. Virüsler antibiyotiklerle öldürülemez.

Bir DNA veya RNA'ya sahip virüsün cidarı proteinden yapılmış bir koruyucu zarla çevrilmiştir. DNA'ya sahip virüste genetik bilgiler çift sarmal ile, RNA'ya sahip olanlarda ise bilgiler tek şeritli moleküle taşınır. Çoğalma başlamadan önce yardımcı şerit transkriptaz denilen bir enzim ile şekillenir. Bir hücrenin içine dalan virüsün protein zarı açılır ve içindeki DNA'sını hücreye bırakır. Hücre, içine bırakılan virüs DNA'sını çoğaltarak birçok virüsün oluşmasını sağlar. Daha sonra hücrenin zarı patlayarak içerde oluşmuş ve protein zarla çevrilmiş yeni virüslerin diğer hücrelere saldırmasına neden olur.

Hücre içine giren virüsün genleri bazen haberci-RNA tarafından değiştirilebilir. Böyle değişiklikler farklı enzimlerin oluşmasına neden olur. Virüsün DNA'sını çoğaltan bir hücre bazen kendi DNA'sını üretmeyi unutur ve bu durumda hücre ölür. Virüslerin bir vücuda zararları değişik yollardan olur. Bir parazit olarak içine girdiği hücrenin kromozomlarını bozarak onların biyokimyasal proseslerini durdurur ve hücrenin ölmesine sebep olur veya normal işleyen bir hücreyi kanser hücresi durumuna getirir. Bazı durumlarda ise hücrenin patlamasına neden olurlar.

AIDS dahil çok sayıda insan hastalıklarına sebep olan virüsler vücuda bağışıklık kazandıran aşılarla kontrol edilebilmektedir. Aşılamada, ölü bir virüs kan dolaşım sistemine enjekte edilmesine rağmen, AIDS'e neden olan özel bir virüs bağışıklığa karşı dayanmaktadır. Virüslerin nasıl ortaya çıktıklarına dair ileri sürülen bir teori, onların bir zamanlar birer parazit olduklarını, uzun zaman içinde kendi kendilerini üreme kabiliyetini kaybederek virüs olarak kaldıklarını açıklar.

Bir zamanlar birer bitki olarak tanımlanan mantarlar şimdi kendi krallıklarına sahip bulunmaktadır. Zamanımızdan yaklaşık bir milyar yıl önce gelişmişlerdir. Mantarlarda fotosentez yapabilecek klorofil yoktur. Birer parazit olan mantarlar, bitki ve hayvanlar dahil, diğer canlı organizmaların üzerinde yaşar. Bazıları ise ölmüş kalıntılar üzerinde yerleşerek, çıkardıkları özel enzimlerle üzerinde bulundukları kalıntıdan besinlerini elde eder. Mantarların belli bir türü, ölü bitki ve hayvan vücutlarından maddeyi çözerek bir sonraki jenerasyonun gelişmesine yardımcı olur.

Mantarların bir kısmı sporlarını içlerinde yaparak ürer. Bir kısmının sporları rüzgarda uçarak diğer mantarlara yapışır. Mantarlar, hem içlerinde hücre bölünmesi ile, hem bölünme

olmaksızın üreyen organizmalardandır. Çok hücreli organizma olan mantarların bazılarının hücresinde tek bir çekirdek, bazılarında ise birçok çekirdek bulunur. İnsan ve hayvan hastalıklarına sebep olan mantarların yanında, gıda sanayiinde kullanılan faydalı olanları da mevcuttur. Antibiyotik üretiminde kullanılanlar en önemlisidir.

Bitki krallığına giren organizmalar botanik bilimi içinde incelenir. Bitkiler çok hücreli ökaryotik, yani çekirdeğinin etrafı bir zarla çevrilmiş hücrelere sahip canlılardır. Aynı organellere haiz hücreleri, hayvanlardan farklı olarak, kalın selüloz yan duvarlar şeklindedir. Hızlı gelişmelerine karşılık yer değiştiremezler. Yapılarının temelinde çoğunlukla karbonhidratlar ve bir miktar da protein bulunur. Bitkilerin diğer bir özelliği ise, büyümeleri için gerekli maddeleri içlerinde kendi başlarına sentezlemesidir. Yaşayabilmek için başka bir canlıyı yemezler. Yeryüzünde yaşayan diğer daha kompleks organizmalar için gerekli olan bitkiler, onlar için bir ihtiyaç olan enerji ve oksijeni üretirler.

Yaşamları iklim şartlarına bağlı olup kutuplarda, çöllerde, yüksek dağ tepelerinde ve okyanusların diplerinde yaşayamazlar. Dünya üzerinde yaşayan canlı kütlesinin %90'ını meydana getiren bitkilerin 400.000 türü tanımlanmıştır. İlk bitkiler 3.6 milyar yıl önce okyanuslarda mavi-yeşil-alg'ler halinde ortaya çıkmıştır. Bundan 500 milyon yıl önce karalardaki ilk bitkiler şekillenmiş olup, 435 milyon yıl önce de şimdiki yapısına kavuşmuştur. 410 milyon yıl önce ilk ormanlar, 350 milyon yıl önce ilk tohumdan yeşeren bitki ve 140 milyon yıl önce de ilk çiçek açan bitki türleri ortaya çıkmıştır.

Bitkilerin çoğalması iki şekilde olur. Seksüel üremede, bitki çekirdeği rol oynar. Çekirdekten meydana gelen bitkide bir yumurta bulunur. Yumurta, bitki geliştikçe bir polen tarafından

mayalanır. Polenler ya kendisinden çıkar veya diğer bitkilerden rüzgarla veya böceklerle taşınır. Mayalanmış yumurtalar, o bitkinin içinde başka bir bitkiyi oluşturacak bir tohum olarak, saklanır. Aseksüel üremede, bitkiden ayrılan bir parçada bulunan kromozom sayısı aynı olup, mitoz hücre bölünmesi gerçekleşir. Mitoz ile bölünen hücrelerin meydana getirdiği yeni bitkiler ana bitki ile aynı genetik yapıya sahip olurlar. Bir bitkinin büyümesi, suya, toprağa ve sıcaklığa bağlıdır.

Bitki hücrelerinde bulunan kloroplast organeli, onlara yeşil rengi veren klorofil segmanına sahiptir. Klorofil bitkilerin çoğunda yapraklarda yer alır ve ışığa maruz kalır. Klorofilin yeşil ışığı yansıtmasına rağmen, spektrumdaki diğer renkteki ışıkları, bilhassa kırmızı ve maviyi soğurur. Böylece içeri giren büyük miktardaki enerji su moleküllerini parçalayarak hidrojen ve oksijeni ayırır.

Bitki yaprakları mikroskobik boyutta gözeneklerle kaplı bulunmaktadır. Atmosferde bulunan karbondioksit bu gözeneklerden bitkinin içine girerken, oksijen dışarı kaçar. Bitki hücrelerindeki fazla miktardaki su, yine aynı gözeneklerden su buharı halinde dışarı çıkar. Bitkide su eksikliği olunca gözenekler kapanarak suyun kaçışını engeller. Gözenekler genelde, aydınlıkta açılır, karanlıkta kapanır.

Bitkinin fotosentez olayında, Güneş'ten gelen ışık bir enerji kaynağı olarak bir takım kimyasal reaksiyonları başlatır. Atmosferden içeri giren karbondioksit ve bitkinin kökü kanalı ile topraktan aldığı su karışarak şekere dönüşür. Şeker molekülleri polisakkarit, nişasta ve selüloz haline gelerek hücre duvarlarını inşa eder. Bütün bu oluşan karbonhidratlar sadece karbon, hidrojen ve oksijen ihtiva eder.

Fotosentezin bir kısmı ışıkta, bir kısmı ise karanlıkta meydana gelir. Karanlıkta oluşan reaksiyonlarda, karbon,

hidrojen ve oksijen şeker glikozuna çevrilerek, oksijen açığa çıkar. Kloroplast organelindeki klorofil kanalı ile meydana gelen fotosentez prosesi yeşil bitkilerin beslenme yoludur. Yine, havadan azot alan bitkiler fotosentez ile üretilen şekerle birleştirerek proteinleri imal ederler. Bazı bitkilerde kökten alınan nitratlar yapraklarda amonyağa dönüştürülerek, glikozla reaksiyonu sonunda aminoasitleri şekillendirir. Bitkiler az miktarlarda bile olsa, sülfür, demir ve magnezyum gibi bazı mineral ve elementlere de ihtiyaç duyar. Bu elementler bitkiye topraktan ulaşır.

Hayvanlar krallığına giren organizmalar birçok yönden bitkilerle benzerliklere sahiptir. Hayvanlar da bitkiler gibi çok hücreli yapıda olup, onlar da ortamdan aldıkları gerekli elementleri kullanırlar. Hücrelerindeki DNA molekülündeki genetik bilgilerle programlanırlar. Hücre fonksiyonları aynı olup, kendi kendilerini üretme kapasitesine sahiptirler. Hayvan yapısı, canlı türlerinin içinde en karışık olanıdır. Hücre duvarı sadece iki molekül genişliğinde ince bir zar şeklindedir.Yaşamları büyük miktarda proteine, az miktarda da karbonhidrata dayanır.

Hayvanların üremesi hem seksüel hem aseksüel yollardan gerçekleşir. Seksüel üremede, erkek ve dişi hayvanlar birlikte döl meydana getirir. Döller, erkek ve dişi organizmaların kendi içlerinde geliştirdikleri özel hücrelerle oluşur. Mayoz hücre bölünmesiyle oluşan gametler erkekte sperm, dişide yumurtaları şekillendirir. Sperm ve yumurtaların birleşmesiyle meydana gelen karışımda sadece tek bir sperm hücresi tek bir yumurtayı döller. Bir sperm hücresinin yumurta ile etkileşimi sonunda zigot ortaya çıkar.

Hayvanlardaki diğer tür üreme çok daha basit yollardan gerçekleşir. Seksüel üremenin yetişkin hayvanlarda belli bir

yaşta durmasına karşılık, bu tür üreme her yaşta devam eder ve nüfus çoğalması daha hızlı olur. Amiplerde olduğu gibi, organizma ikiye bölünerek genetik bakımından aynı iki kopyasını yaratır. Bazı basit organizmalar aynı genetik malzemeye haiz, suda veya havada serbestçe hareket edebilen spor denen hücreleri üretir. Daha sonra bu sporlar da ikiye bölünerek çoğalırlar.

Hayvan krallığının türleri çok çeşitlidir. 14 tane gruba ayrılır. Bunlar, suda yaşayan süngerler, kurtlar, yuvarlak ve uzun kurtlar, kabuklu derin deniz canlıları, çok eklemli artropodlar, okyanus dibi ekinodermler, kordatler gibi farklı ortamlarda değişik yapıdaki hayvanları kapsar. İnsanlar, kordatler grubunun, omurgalılar bölümünün, memeliler sınıfının, plakental takımının, primatlar sırasında yer alır.

İnsanları diğer hayvan türlerinden ayıran en önemli özellik insan beyninin ölçüsündeki büyüklüktür. İnsan beyin ölçüsünün vücut ağırlığına olan uyumlu oranı, onu türler içinde en zeki tür kılmıştır. İnsan türü önce dik durmayı öğrendi, sonra zekası gelişti. Hayvan türleri içinde neden 'sadece' insan soyunun dik durabildiği hala çözülememiş 'bir soru' olarak devam etmektedir.

Bütün hayvan türlerinin %95'i omurgasızdır. Yine bütün hayvan türlerinin %80'nini çok eklemliler meydana getirir. Bunlar içinde en yaygın olanı kanatlı böcekler olup, en başarılı hayvan türü olarak kabul edilir. Yeryüzünde yaklaşık 10^{18}, veya bir milyon defa trilyon böcek yaşar. Bir insan başına düşen böcek sayısı bir milyardır. Karada yürüyen böcekler ise en çok türü bulunan canlılardır. Yuvarlak kurtların 10.000, balıkların 21.000 türü bulunur. Amphibia'lar denizlerden karalara ayak basan ilk canlılardır. Yeryüzünü 300 milyon yıl boyunca yönetmiş olan sürüngenlerden bazıları bundan 65 milyon yıl

önce yok olmuştur. Bugün yaşayan sürüngenlerin 6000 türü bulunmaktadır.

İnsanların da soyundan gelmiş olduğu memeliler, sıcak kanlı omurgalılardır. Sıcak kanlı olduklarından soğuk iklimlerde yaşayabilirler. 4000 türü bulunan memeliler, 200 milyon yıl önce sürüngenlerden gelişmiştir. İri beyine, dört odalı kalbe sahip memeliler yeryüzünün en gelişmiş organizmasıdır. Davranışlarını tecrübe ile öğrenip ortama uydurabilirler. Memeliler yumurta bırakmaz ve üreme dişinin iç organında meydana gelir. Doğumdan sonra yavruyu dişinin sütü besler.

Memeliler sınıfının bir üyesi olan primatlar, insanları da kapsar. Primatların diğer memelilerle olan farklılıklarının başında, diğerlerine kolayca dokunabilen beşinci bir parmaklarının bulunması, tırnaklara, üst ve alt çenelerde dört tane kesici dişe sahip olmasıdır. İleriye bakan gözleri, iri beyinleri vardır. Bütün bunlar primatlara sosyal ve karmaşık etkileşim kabiliyeti temin eder. Primatların çoğu ağaçlarda yaşar ve az sayıda doğum yapar.

Güneş enerjisini bitkiler yolu ile içlerine alan hayvanlar yaşayabilmek için bitki yemek zorundadır. Bitki yemeyenler ise bitki yiyen başka bir hayvani yerler. Sonuçta, hayvan türü diğer canlıları yiyerek yaşar.

Nasıl Başladı ?

Dünya üzerindeki canlı yaşamı nasıl başladı, nasıl çoğaldı ve bugüne nasıl geldi? Dünya, bundan 4.6 milyar yıl önce, boşluktaki gaz ve toz bulutlarının sıkışmasıyla oluşan taş ve topraktan meydana gelmiş katı bir cisimdi. Böyle cansız katı cisim üzerinde canlı cisim nasıl şekillendi, yoksa ilk canlı uzaydan mı geldi ?

Eski Yunanlı Aristotle yaşamın 'kendiliğinden' ortaya çıktığını ileri sürmüştü. Bu fikre 18 asır boyunca inanıldı. Yani, canlı yaşam hiçbir etken olmadan cansız maddeden şekillenmişti.

1660 yılında İtalyan Francesco Redi bir deney yaptı. Redi, sekiz şişenin içine et koydu, dördünün ağzını kapattı, diğerlerini açık bıraktı. Sineklerin girdiği ağzı açık şişelerdeki etlerde, bir süre sonra küçük kurtların büyümekte olduğunu gördü. Ağzı kapalı şişelerdeki etler, sineklerin ulaşamamasına rağmen diğerleri kadar bozulmuştu. Bir sonraki deneyde, içinde taze et

bulunan sekiz şişeden dördünün ağzını tülle örttü, diğerlerini açık bıraktı. Bu defa, kurtlar yine ağzı açık dört şişedeki etlerde görüldü. Kurtların, sineklerin taşıdığı yumurtalardan oluştuğu anlaşılmıştı, fakat tarihin bu ilk deneyi kendiliğinden üreme konusunu açıklığa kavuşturamamıştı.

1683 yılında Hollandalı Anton Van Leeuwenhoek imal ettiği mikroskopla, durgun su içinde sayısız canlı organizmaları gördü ve bunların nasıl oluştuklarını düşündü. 1748'de İngiliz John Needham, et suyunu kaynatarak ağzı kapatılmış bir cam şişenin içine koydu. Birkaç gün sonra şişedeki malzemenin içinde çok sayıda mikroorganizma ortaya çıkmıştı. Bu deney ise, kendiliğinden oluşmayı ifade ediyordu.

1765 yılında aynı deney İtalyan Lazzaro Spallanzani tarafından, şişelerin sterilize edilmesi ve et suyunun uzun süre kaynatılmasıyla yapıldı. Bu defa organizmalar ortaya çıkmadı. Spallanzani organizmaların, yüksek sıcaklığa kısa sürelerde dayanabilen sporlar halinde bulunduklarını belirtti. Bu deneyler kendiliğinden olma fikrini ortadan kaldıramamıştı, fakat hiç olmazsa onun nasıl oluştuğunu göstermişti.

Sonuç, bundan 100 yıl sonra Fransız Louis Pasteur'dan geldi. Pasteur, içine havanın girebildiği, fakat toz ve mikroorganizmaların giremediği dar, uzun ve bükük şekilli boğazı olan bir cam kabın içine sterilize edilmiş mayalanabilir sıvı konulduğunda sıvının tamamen temiz kaldığını, bükük dar boğazın kırıldığında ise sıvının hemen bozulduğunu ve içinde organizmaların oluştuğunu gösterdi.

Bu sıralarda, Darwin Evrim Teorisini ortaya attı. Pasteur'un bakteriyolojik deneyleri, Darwin'in Türlerin Evrimi Teorisi canlı yaşamına ve onların orijinine farklı bir anlayış getirdi. Kendiliğinden üreme fikri terk edildi. Yeryüzündeki canlı türlerinin kendilerinden önceki daha basit yaşam türlerinden gelişerek şekillendiği önem kazandı.

Yeryüzündeki yaşamı başlatan ilk organizmanın, organelleri bulunmayan 'ilkel bir hücre' olduğu anlaşıldı. Çekirdek ve organellerden yoksun prokaryotik bir hücre fosili keşfedildi ve onun 3.8 milyar yaşında olduğu anlaşıldı. Bunlar, Dünya üzerindeki zengin canlı yaşamını başlatan ilk hücrelerdi ve çoğalmaları, gelişmeleri ile şimdiki türleri oluşturmuştu.

1860 yılında İngiliz William Thomson, ilk hücrenin yeryüzüne uzaydan gelen meteoritlerle ulaşmış olabileceğini ileri sürdü. 1905'de İsveçli Svante Arrhenius, bakteri sporlarının soğuk uzay boşluğunda çok büyük mesafeleri bozulmadan alabileceklerini belirtti. Daha sonra, yaşam için gerekli organik moleküllerin yeryüzüne, Dünya'nın ilk zamanlarındaki kuyruklu yıldızlar ve gök taşları ile gelebileceğine ait teoriler ortaya atıldı.

1969 yılında yeryüzüne düşen bir meteoritte 74 tane aminoasit görüldü. Bunlar, bizim bildiğimiz aminoasitlere benzemekle birlikte onlardan farklılıklara sahipti. Yani, bu aminoasitler taşa, düştükten sonra yapışmış olamazdı. Zira, bildiğimiz aminoasit moleküllerindeki atomlar karbon zincirine sol taraftan bağlanırken, meteoritteki aminoasitler hem sol hem sağ taraflarından bağlıydılar.

1986 yılında ziyaret eden Halley kuyruklu yıldızının yakınına giden uzay aracının orada tespit ettiği organik maddelerin bolluğu ve yeryüzüne düşen asteroitlerde bulunan karbon bileşikleri uzay teorilerini desteklemektedir. Ayrıca, yıldızlar arası boşlukta, karbon ihtiva eden 65 tane molekül de keşfedilmişti. Yeryüzündeki canlı yaşamı 'diğer yıldızlardan' gelen bir molekül başlatmış olabilirdi.

1953 yılında Amerikalı Stanley Miller ve Harold Urey, Dünya atmosferinin 4 milyar yıl önce sahip olduğu gazları bir araya getirdiler. Su buharı, hidrojen, metan ve amonyak karışımını bir cam kabın içine hapsederek 100 dereceye ısıttılar.

Kabın içinden geçen elektrotlarla bir hafta boyunca güçlü elektrik akımı vererek yapay kıvılcım çıkardılar. Bir süre sonra su buharı koyu kırmızı bir renge dönüştü ve zengin bir karışım haline geldi. Sonunda cam fanusun içinde dört temel organik molekül olan aminoasit, nükleodit, şeker ve yağ asitlerinin ortaya çıktığını gördüler.

Bu basit moleküller yaşamı oluşturan karmaşık moleküllerin temeliydi ve canlı yaşam, 4 milyar yıl önce mevcut bulunan ilkel gazlara sahip 'atmosferde' yıldırımların çakması ile ortaya çıkmış da olabilirdi. Daha sonra aynı deney Amerikalı Melvin Calvin ve diğerleri tarafından değişik şekillerde yeniden yapılarak teyit edildi. 1979'da ise Allan Bard, aynı gaz karışımına Güneş ışınlarını tatbik ederek, platin ve titanyum parçacıklarının ilavesiyle, aminoasitleri elde etti. Deneylerdeki gaz karışımların içinde oksijen yoktu. Atmosferin ilk zamanlarında da oksijen bulunmuyordu.

İlk hücrenin bundan yaklaşık 4 milyar yıl önce, atmosferde o zamanki gaz karışımından yıldırımların çakması ile mi oluştuğu, yoksa bir gök cisminin üzerinde diğer yıldızlardaki başka bir uygarlıktan mı geldiği veya her ikisinin de aynı zamanlarda mı olduğu henüz bilinmemektedir. Bu konu hala tartışılmakta ve araştırılmaktadır. Teorilerden her ikisi de doğru olabilir. Her ikisinin de doğru olabileceği deneylerle teyit edilmiştir. Üçüncü bir teori mevcut bulunmamaktadır. Nereden gelmiş olursa olsun, konumuz, o ilk hücre ve ondan sonra nelerin olduğudur.

Bundan 4.6 milyar yıl önce Güneş ve etrafındaki gezegenler şekillenmeye başladı. İlk yarım milyar yılda Dünya dengesiz bir durumdaydı. Yer kabuğu yumuşak, sıcak, volkanik faaliyetler çok fazla ve atmosfer ilkel haldeydi. İçerden sızan ve volkanlardan fırlatılan hafif elementler içindeki su buharının havada soğuyarak aşağı inmesi yerkabuğunu soğuttu. Soğuyan

kabuğa düşen buharlar okyanusları oluşturdu. Havada hidrojen, su buharı, karbondioksit, metan, amonyak gazları bulunuyordu. Karalardaki volkanik faaliyetlerle atmosfer arasındaki dönüşümler uzun süre devam etti.

Güneş'ten gelen morötesi ışınlar hiçbir engele çarpmadan yer yüzüne iniyordu. Morötesi ışınların etkisiyle sular hidrojen ve oksijene ayrıldı. Yukarı çıkan oksijen morötesi ışınlarını tutmaya başladı. Atmosfer zenginleşti ve yoğunlaştı. Bu olaylar sırasında yer ile gök arasında şiddetli hava hareketleri, fırtınalar, yıldırımlar ve şimşekler meydana geldi. Karalarda dev lav ve kayalar bulunuyordu. Bulutlar şiddetli hareketler içindeydi. İlk bir milyar yıl Dünya üzerindeki durum yaşanamaz haldeydi. Sonra, her şey sakinleşti, volkanlar söndü, atmosferde yeterli oksijen birikti, morötesi ışınlar atmosferi geçemez oldu, fırtınalar, yıldırımlar azaldı, okyanus suları zenginleşti. Bu arada 1.5 milyar yıl geçmişti.

Yaşamı başlatan ilk organizma ya kompleks organik malzeme olarak uzaydan gelmişti veya ilkel atmosferde henüz serbest oksijen yokken, su buharı, hidrojen, metan ve amonyak gazlarının, o zamanlar çakan şiddetli yıldırımların çıkardığı enerji ile aralarındaki etkileşimleri sonunda havada şekillenmişti. Bu sıralarda Dünya 1 milyar yaşındaydı. Miller-Urey deneyi böyle bir oluşum ihtimalini desteklemektedir. Ayrıca, 3.8 milyar yaşında ilkel hücre fosilleri de yakın geçmişte bulunmuştur.

Atmosferdeki karbondioksit gazının içindeki karbon atomları birleşerek uzun zincirler oluşturdu. Güneş'ten ve yıldırımlardan gelen enerji karbon zincirlerini, önce basit sonra karmaşık moleküllere dönüştürdü.

Dünya'nın ilk 1 milyarlık yaşı süresinde atmosferde çakan yıldırımların sayısı çok fazlaydı. Her 1000 yıldırım çakışında bir organik molekül çıkma ihtimali düşünülse, 10.000'ci

yıldırımda bir molekülün ortaya çıkma ihtimali hemen hemen %100 olur. Bir milyar yıl süresince sayısız yıldırım çakmıştı. Bir milyar yıl içinde ilkel atmosferin içinde zengin bir 'organik molekül çorbası' oluştu. Bu zengin organik moleküller, ilerde suların içinde şekillenecek ilk ilkel hücrenin ham maddesiydi. Çorbadan çıkan organik moleküllerden biri okyanusa, diğeri ise yere düştü. Karaya düşen, günümüzde de mevcut olan tek hücreli alg'leri ve daha sonra karadaki bitkileri şekillendirdi. Fotosentez yapabildikleri için bunlar havadaki oksijenin artışına yardımcı oldular.

Atmosfer organik moleküller için henüz uygun değildi. Dibindeki çatlaklardan sıcak suyun çıkıp yükseldiği okyanuslar ise sulara inen organizmaların canlı kalabilmesi için uygun bir ortamdı. Bu sayede hem Güneş'in kavurucu morötesi ışınlarından uzaktı, hem sudaki kimyasal reaksiyonlardan etkilenmeyecekti. Bugün dahi okyanusların dibindeki yarıklardaki sıcaklık, volkanik enerjilerin etkisiyle, 350 dereceye ulaşmaktadır. Okyanus dibi deliklerden çıkan hidrojen sülfid ise ilkel bakterilerin enerji kaynağıdır.

Yıldırımların çıkardığı enerji ile ilkel atmosferde oluşan ve sonra suya inen fenilalanın, triptofan, histidin, glisin ve valin gibi aminoasitler, suda erimiş elementlerle birleşerek ilkel çorbanın yağlı malzemesi (balçık) içinde kendini geliştirdi. Okyanusun dibinde kendine uygun ılık bir ortam bulan organik molekül, bir RNA ile buluştu ve virüs benzeri en basit organizmayı oluşturdu. Tek şeritli kısa RNA, bir enzimin yardımı olmadan, kendi kopyasını üretecek bir haberci moleküldü. Bunun için bir enzime ihtiyacı yoktu. RNA kendisinin bir kopyasını yaparak DNA molekülünü ve nükleoditleri şekillendirdi. Okyanus suyunda erimiş durumda bol miktarda karbon, hidrojen, oksijen, azot ve fosfor bileşikleri vardı. DNA'nın nükleoditleri için bunlar gerekiyordu. İçinde

DNA bulunan bir virüs benzeri organizma şekillenmişti. Bu 'ilk canlı' biçimiydi ve Dünya bir milyar yaşındaydı.

Çekirdeği bulunmayan, fakat bir DNA ve RNA'ya sahip, bir duvarla çevrilmiş virüs benzeri ilk canlının şimdi bir enerjiye ihtiyacı bulunuyordu. Okyanusların dibindeki volkanların yanındaki kil bunun için uygundu. Çünkü kil bir enerji deposudur, enerjiyi toplar, şekillendirir ve onu kimyasal enerji şeklinde dışarı bırakabilir. Bu enerjiden de kimyasal reaksiyonlar oluşur. Kilin enerji toplama ve bırakma kabiliyeti ilk organizma için bir şans olmuştu. İlk hücre içi boş protenoid küre şeklindeydi. Zarın içindeki aminoasitlerin ısınmasıyla protein toplulukları oluştu. Protein grupları birbiri ile birleşerek daha iri moleküller olan polimerleri meydana getirdi. Onlar da diğer polimerleri şekillendirdi. Hücrenin içi zenginleşmişti ve iri moleküller artık hücre organellerini yapabilirlerdi.

Deniz suyunda bulunan natriyumklorit, kalsiyumklorid ve kalyumklorid arasındaki oran, canlının vücudu içindeki aynı elementlerin oranı ile eşittir. Bu eşitlik ilk canlıların okyanus sularında şekillendiğinin bir delili olarak kabul edilmektedir.

Proteinlerden enzimler çıktı. Enzimler hücre içindeki reaksiyonları hızlandırdı. Çift sarmal haline gelen DNA işlemeye başladı, bilgi depoladı ve RNA'ları çıkardı. Hücre çekirdeği şekillendi.

İlk hücre kendisinin bir 'kopyasını' yaptı. Kopyasında da DNA bulunuyordu. Kopyalar çoğalmaya başladı ve okyanus hücrelerle doldu. Önceleri sudaki organik molekülleri yiyerek ayakta duran hücreler, besinin bitmesiyle yok olmaya başladı. İçlerinden bir kısmı açlığa dayandı ve yaşayabilmek için birbirlerini yemeyi öğrendiler. İlk prokaryotik basit hücrenin çıkışından 2.8 milyar yıl sonra çekirdeği ve organelleri bulunan ökaryotik hücre oluştu. Bunlar gruplar halinde yaşıyorlardı. Bu arada, bazıları fotosentez yapmayı ve solumayı öğrendi.

Havada hala yeterli miktarda oksijen yoktu ve Güneş'ten gelen morötesi ışınlar yeryüzünü kavuruyordu. Sudaki hücreler tekrar besinsiz kaldı, toplu ölümler meydana geldi. Kurtulanlar yine çoğaldı ve bu durum milyarlarca yıl devam etti. Başlangıçta zehirli bir gaz olan oksijene uyum sağlayabilenler bakterilerdi. Ökaryotik hücreden 300 milyon yıl sonra çok hücreli organizmalar şekillendi. Bunlar tek başlarına yaşıyor ve farklı işler yapıyordu. Çok hücreliler oldukça başarılıydılar ve çoğalmaları oldukça hızlı oldu.

Atmosferdeki oksijen miktarı artmış, karbondioksit azalmıştı. Morötesi ışınlar artık atmosferde tutuluyor, yere inemiyordu. Yeryüzündeki durum sakinleşmişti. Çok hücreli organizmalardan daha karmaşık yapıya sahip olanlar üredi ve denizler ilkel hayvan ve bitkilerle doldu. Dışarıdaki ortam uygun hale geldiğinden, okyanusun derinliklerindeki canlılar su yüzüne doğru yükselmeye başladı.

Bundan, 475 milyon yıl önce karada ilkel ve basit ağaçlar şekillendi. Bunlar, daha zor şartlar altında gelişmişti. Okyanustakiler karalara çıkmaya başladı. Karada daha zengin bir doğa vardı ve Güneş ideal bir enerji kaynağıydı. Karaya çıkanlar yürümeyi öğrendi, derisini kalınlaştırdı ve oksijenle solumaya başladı. Karalarda rakip bulunmadığından gelişmeleri çok hızlı oldu. Ayrıca karadaki bitkiler onlar için hazır birer besindi.

Bundan 4 milyar yıl önce başlayan ve 450 milyon yıl önce karaya çıkması ile son bulan, ilk hücrenin serüveni süresinde, başına sayısız kazalar ve felaketler geldi. Birçok mutasyondan geçti. 3.5 milyar yıl boyunca şekilden şekle girdi. Önce, basit aminoasit molekülleri, proteinler, sonra çekirdeksiz ilkel hücre, bakteri, daha sonra çekirdekli hücre, tek hücreli organizma, çok hücreli canlı, ilkel deniz hayvanları, gelişmiş süzgeçli ve kanatlı

canlılar ve bitkiler. En sonunda da karalara çıkış ve oradaki evrimi. Bütün bunlar 4 milyar yılını aldı.

Canlı, bütün yaşamının %90'nını suda geçirdi. Bundan 3 milyar yıl önce iki ilkel hücrenin birleşmesiyle ilk seks, 1 milyar yıl önce çok hücreli organizmaların ömrünü tamamlamasıyla da ilk ölüm olayı yaşandı.

Canlı yaşamın temelini teşkil eden 20 tane aminoasit ilk hücreyi oluşturmak için sıralanmıştı. Bu sıradan, bugünkü yaşam çıktı. 20 aminoasitin bundan 4 milyar önceki dizilişi bir rastlantıydı. 20 aminoasitin aynı sırada tekrar birleşebilmesi ihtimali $20^{100'}$de birdir. Yani sıfırdır. Bu durumda, bugünkü yaşamımızı 4 milyar yıl önceki 20 aminoasitin sıralanmasına borçluyuz.

Dünya üzerinde başka bir canlı yaşamı olmadı. Çünkü, bu senaryoda, hiçbir boşluk kalmaksızın, her şey yerine oturmaktadır. Dünya yeniden oluşmuş ve üzerinde yeniden bir canlı yaşamı çıkmış olsaydı, o canlıların şimdikilerle hiçbir benzerlikleri olamazdı. Çünkü, 20 aminoasitin aynı sırada dizilmesi ihtimali sıfırdır.

Sonuç olarak, Dünya üzerindeki canlı yaşamın ilkel bir hücreden kaynaklandığı, o ilk hücrenin milyarlarca yıl alan süre içinde sayısız olaylar sonunda bugünkü türleri yarattığı kesindir. Hücre bölünmesi bunun bir kanıtıdır. Henüz kesin olmayan ise, ilk hücreyi yapan organik moleküllerin uzaydan mı geldiği, yoksa atmosferde cansız atomlardan kendiliğinden mi yaratıldığıdır.

Yeryüzü üzerindeki canlı yaşamın 'tesadüfen kendiliğinden' yaratılmadığına ait bilimsel cevaplar bulunmaktadır. Bunlardan biri uzayda bulunan trilyonlarca yıldızdır. Uzayda milyonlarca ışık yılı mesafelerde yer alan yıldızların mevcudiyeti bir gerçektir. Işığın bir hızı bulunduğuna göre, onların ışığının bizlere ulasmaşı milyonlarca yıl sürmüş olmalıdır. Dolayısıyla

Dünya ve üzerindeki yaşam, bazı kaynakların iddia ettiği gibi, 6000 yıl önce yaratılmış olamaz. Ayrıca, Pasteur'dan beri yapılmış deneyler ve 20'ci yüzyılda gelişen moleküler biyoloji bilimi, yaşamın bundan milyarlarca yıl önce suda, balçık benzeri yoğun yağlı ilkel bir molekül çorbası içinde başlayarak geliştiğini teyit etmektedir.

Evrim ve Evrim Teorisi

1735 yılında İsveçli Carl Linnaeus, bitki ve hayvanların bilimsel sınıflandırmasını yaptı. Türler arasındaki yakın benzerlikleri gösteren Linnaeus, hiç bir türün kendi başına yaratılmadığını ve hiç birinin tamamen yok olmadığını ileri sürdü. Fakat türler arasındaki benzerlikleri izah edemedi.

18'ci yüzyılda bilim adamları Dünya'nın yapısını incelenmeye başladı. Dünya'nın sanıldığından daha yaşlı olduğu, incelenen milyonlarca yıllık kaya tabakalarından anlaşıldı. Kayaların arasında bulunan canlı fosilleri yaşamın çok eskilere dayandığını gösteriyordu. Yaşlı kayalardaki fosiller ilkel ve en basit canlı şekilleriydi. Kayaların yaşını bularak aralarındaki fosilleri tanımlamak mümkündü. Yeryüzündeki canlı türlerinin ilk zamanlarda yaşamış türlerle bir ilişkisinin bulunduğu aşikardı.

Bu sıralarda anatomi bilimi ilerledi. İnsan ve hayvan vücut yapıları, aralarındaki bağlantılar ve benzerlikler incelenmeye başlandı. İnsanlardaki bazı vücut organlarının, bir takım hayvanların organlarının gelişmiş şekilleri olduğu görüldü. 1760'da Fransız Georges-Louis Buffon, 53 yıl süren incelemesi sonunda yayınladığı 44 ciltlik eserinde hayvanlarla diğer türler arasındaki benzerlikleri gösterdi, hayvan türlerinin sabit yapılarda olmadığını, organların zaman içinde değişikliklere uğradığını ileri sürdü. İngiliz Robert Malthus insanların, ortam ve beslenme faktörlerine bağlı olmaksızın belli oranda çoğalabildiklerini iddia etti.

Fransız Jean Lamarck, hayvanların kendi yabani türlerinden kaynaklandığını ve ortamın, türlerdeki değişikliklere sebep olduğunu belirtti. Lamarck'a göre, zürafanın uzun boyunlu olması, onun asırlar boyunca ağaçların üstündeki taze yaprakları yemek istemesinden ileri geliyordu. Kuyruksuz fare üretmek için, fareleri kuyruklarını kestikten sonra büyütmek mümkündü. Yani, canlılardaki vücut değişiklikleri, onların sperm ve ovalarını ayarlayarak, karakteristiklerin döllerine geçmesini sağlayacaktı. Doğru olmasa bile Lamarck'ın iddiaları ve Buffon'un çalışmaları 'Evrim Teorisinin' temelini attı.

1800'lerin başlarında Fransız Georges Cuvier, hayvanların sınıflandırmasını, memelilerle sürüngenlerin fosillerini de dahil ederek, genişletti. Soyu tükenmiş hayvanları inceledi. Evrime inanmayan Cuvier, soy tükenmelerinin felaketler sonucu olduğunu ve her felaketten sonra yaşamın yeniden yaratıldığını ileri sürdü.

1831 yılında gemi ile yola çıkan 22 yaşındaki İngiliz Charles Darwin, Güney Pasifik Okyanusundaki Galapagos adalarına gitti. Darwin orada beş yıl kaldı. Birbirinden 80 kilometre uzaklıkta sert kayalardan oluşan adalar benzer iklimlere sahipti ve birbirlerinden derin okyanus suları ile ayrılmıştı. Adalar hiç

bir zaman bir arada bulunmamıştı ve oldukça genç yaştaydı. Her ada çok zengin bir bitki ve hayvan nüfusuna haiz bulunmaktaydı, fakat bunlar oldukça farklı özelliklere sahipti. Bulunan bir kaplumbağanın hangi adadan geldiği kolayca anlaşılabiliyordu.

Darwin adalarda 14 serçe türünü inceledi. Bu serçelerin gaga şekil ve ölçüleri her adada farklıydı ve Dünya'nın diğer yerlerindeki serçe gagalarının hiçbirine benzemiyordu. Gaga biçimleri farklı olan serçelerin bir kısmı tohum, diğerleri ise böcek yiyerek büyüyorlardı. Darwin çok dikkatli bir gözlemciydi. Birbirinden 'izole edilmiş' adalarda farklı besinleri yiyerek gelişmiş serçelerdeki yapısal farklılıkların nedenlerini anladı. Adalardaki canlı grupları arasında herhangi bir rekabet bulunmuyordu. Milyonlarca yıllık bir süre içinde, canlıların organ biçimleri, yaşadıkları ortam ve aldıkları besinlerin cinslerine göre değişiyordu. İzole edilmiş bölgelerdeki canlılar ortamlarının özelliklerine göre şekil alıyor ve özelliklerini ürettikleri canlılara geçiriyordu.

Darwin, buluşlarını 1858 yılında yayınladı. Doğanın seçimi ile türlerin orijinlerini ve canlıların geçirdikleri evrim prosesini açıkladı. Fakat, kalıtımların ve türlerdeki kendiliğinden olan değişikliklerin nedenlerini asla anlayamadı. Aynı sonuçlar, 1854 yılında Malezya'ya giden İngiliz Alfred Russel Wallace tarafından da bulundu. Wallace, Darwin'den bağımsız olarak, zaman içinde türlerdeki değişiklikleri açıkladı ve buluşlarını 1858'de Darwin'in kitabından kısa bir süre sonra yayınladı. Wallace, Darwin'e öncelik vermeyi ve teoride 'ikinci adam' olarak kalmayı tercih etmişti.

1860'larda İngiliz Richard Owen, birbirinden uzak türler olan bir insanın kolları, bir kuşun kanatları ve bir fok balığının yan yüzme organları arasındaki yapısal benzerlikleri açıkladı ve bunların evrim süreci içinde 'aynı soydan' geliştiklerini

gösterdi. Aynı yıllarda İngiliz Thomas Huxley, Avustralya'da geçirdiği dört yıl içinde Darwin'in sonuçlarına ulaştı ve Evrim Teorisinin destekleyicisi oldu.

1856'da Avusturyalı Gregor Mendel kalıtımı tarif etti ve yasalarını çıkardı. 1900 yılında İngiliz William Bateson genetik bilimini kurdu ve genlerin kalıtımdaki önemini açıkladı. Aynı yıllarda Amerikalı Thomas Morgan Kromozom Teorisini yaratarak, türlerdeki kalıtımın ve benzerliklerin hücre içi kromozomlardan kaynaklandığını ileri sürdü. 1920'lerde Amerikalı Joseph Müller genetik mutasyonları izah etti, 1950'lerde de İngiliz Henry Kettlewell, bitkilerde yaptığı deneylerle Darwin'in Doğasal Seçim Teorisini gerçekleştirdi.

Evrim ile Evrim Teorisi arasında fark vardır. Bunlar ayrı şeylerdir. Evrim bir gerçektir ve doğada bir evrimin geçmekte olduğu görülebilir ve o laboratuarlarda da gerçekleştirilebilir. Evrim Teorisi ise tartışılabilir bir konudur.

Evrim, zaman içinde canlı türlerinin, içinde yaşadıkları 'ortama adaptasyonu' demektir. Teori ise, Dünya üzerindeki karmaşık canlı yaşamının 'kendilerinden daha basit canlılardan' geliştiklerini öngörür. Yeryüzündeki bütün canlılar, en karmaşık yapıya sahip hayvan türleri bile, milyarlarca yıl süren bir evrimin sonunda tek hücreli bakteriden türemiştir. Şimdiki durumuna ulaşıncaya kadar, 3.5 milyar yıl içinde, yaşam doğal afetler yüzünden birçok defa yok oldu sonra tekrar başladı. Dünya'nın ilk zamanlarındaki yoğun asteroit ve kuyruklu yıldız çarpması gibi olaylar felaketlere neden oldu ve bundan bir kaç milyar yıl önce, atmosferin son şeklini almasıyla, Dünya üzerindeki canlı yaşamı gelişmeye başladı.

Evrimin nasıl gerçekleştiği belirsizdir. Çünkü evrim çok uzun süreler içinde belirgin olmaktadır. Fakat onun yaptıkları birer gerçektir. Bir bakteriden dev ağaçlara kadar, Dünya üzerindeki bütün yaşam, doğanın harika bir yasası olan, evrimin

içinde gelişmiştir. Bitki ve hayvan fosilleri üzerinde yapılan paleontolojik, biyokimyasal, embriyolojik incelemeler evrimin etkisini ispat etmektedir. Yaşayan organizmaların zaman içinde, çevrenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine uyum sağlamaları, onların yaşama ve üreme kabiliyetlerini artırmıştır. Ebeveynlerden döllere geçen bazı hastalıkların nesilleri zayıflattığı, bazı türlerin ortama uyamadıkları için yok oldukları artık bilinmektedir.

Evrim döllerde gelişigüzel 'genetik mutasyonla' başlar, sonra 'doğanın seçimi' ile devam eder. Doğaya uyum sağlayamayan ortamın baskısı ile yok olur. Doğaya uyum sağlayan canlı ise onun özelliklerine bağlı kalarak gelişir. Ayrıca, doğa seçiminin canlının DNA ve genlerini etkilediği ve genetik malzemeyi kendine adapte ettiği de bir gerçektir. Doğa, uzun boyunlu zürafalara yukarılardaki yaprakları yiyebilme imkanını tanıyorsa, uzun boylu olanların kuraklıkta soylarını devam ettirme şansları artar ve kısa boyunlu zürafalar bir gün yok olur. Uzun boylulardan gelecek döllerle oluşan yeni nesiller de uzun boyunlu olurlar. Doğanın seçimi budur.

Evrim her geçen gün devam etmektedir. Fakat sonuçları çok uzun sürelerde belli olmaktadır. Kısa bir süre sonunda meydana gelmiş bir evrim sonucu olarak kuşlar tarafından kolayca avlanabilen beyaz benekli güveler örneği bulunmaktadır. 1700'lerde İngiltere'de kömür çağının başlamasıyla ağaçlar siyah kurumla kaplanmış ve beyaz renkli güveler kuşlar tarafından kolayca görülebilir ve avlanabilir hale gelmişti. 1800'lerde siyah renkli güve sayısı, beyaz benekli güvelerden fazla oldu. 1900'lerin sonlarında İngiltere'de kömür kullanımının azalmasıyla güveler tekrar benekli görünüm kazandı. Güveler yaşamlarını devam ettirebilmek için doğaya uymuşlardı.

Doğadaki evrimin diğer bir örneği de pandalardır. Maymunun yakın bir akrabası olan pandalarda önceleri baş parmak bulunmuyordu. Daha sonraları, bambu yaprakları pandaların vazgeçemedikleri bir gıda ürünü haline gelince, yaprakları bambudan soyabilmek için pandaların bileklerinin kenarında bir baş parmak çıkıntısı ortaya çıktı. Fakat bu durum binlerce yıl içinde gerçekleşti.

Aynı türden gelen bazı canlılar, aralarında farklılıklar göstermektedir. Aynı türün üyeleri arasındaki farklar bugün genetik bilimi ile izah edilmektedir. Zira, türlerin kromozomlarında farklı sayıda genlerin bulunduğu ve birbiri ile uyuşmayan genlerin varlığı bugün bilinmektedir.

Bir organizmanın fiziksel karakteristiklerinden her biri ayrı bir gen tarafından belirlenir. Üreme sırasında, DNA'nın kendi kopyasını yapması esnasında rasgele hatalar meydana gelebilir. Bunlara 'mutasyon' adı verilir. Mutasyonların bazılarının etkisi çok hafif, bazıları ise türe zarar verebilecek derecede zararlı olur. Bazı durumlarda da, mutasyonlar fiziksel değişiklik yaparak türün yaşadığı ortama daha iyi adaptasyonunu sağlar. Ortama uyum sağlayabilen genler diğerlerine göre fazlalaşınca, ortaya çıkan organizmanın karakteristikleri gen çoğunluğuna tabi olur. Doğa seçiminin, organizmalardan ziyade genleri etkilediği daha doğru bir yaklaşımdır.

Mutasyon 'rastlantıya' dayanır. Doğa içindeki bazı olaylar DNA'nın nükleodit bazlarının dizilişini bozar ve bazı genleri zincirden koparır. Fakat bunların zincirdeki hangi genler olacağı bilinemez. Bu durumda DNA'nın programı bozulur, 20 aminoasitin sırası değişir ve farklı protein üretilmiş olur. Böylece canlı türünde farklılık meydana gelir. Ortaya çıkan farklı organizma, içinde yaşadığı ortama uyum sağlarsa yaşar, yoksa yok olur. Tamamen tesadüfe dayanan mutasyon evrimin

'temel' nedenidir. Canlıyı yok edebildiği gibi, onun çevreye daha kolay uyum sağlamasına da sebep olabilir.

Normal olarak, bir insanın DNA bazlarının sırası yaşamı boyunca aynı kalır. DNA'daki küçük hatalar ve hasarlar ilgili enzimlerce tamir edilir. Hata ve hasarlar büyük olunca DNA yanlış kopyalama yapar veya imha olur. Genetik kodlamadaki bu tür hata ve yanlış kopyalama oranı milyarda birdir.

Evrimin altındaki gerçek, doğal seçimdir. Doğal seçim, nüfustaki bir zaman dilimi içinde çeşitli değişikliklerin meydana gelmesidir. Örnek olarak, bazı zürafaların boyunlarının daha uzun olması gösterilebilir. Bazı karakteristikler canlılara daha uzun yaşama imkanı sağlarsa onların bu özellikleri yeni generasyonlarına geçer. Uzun boylu zürafalar avantaj sahibi olunca, uzun bir süre sonunda, uzun boyunlu zürafalar nüfus içinde 'hakim' duruma gelir.

Precambrian dönemi olarak adlandırılan, Dünya'nın soğumasından, bundan 560 milyon yıl öncesine kadar olan süre içinde ilkel tek hücreli bakteriden gelişen canlılar sonunda büyük deniz bitkileri ve hayvanları biçimine ulaştı. Sudaki canlılarda iskeletler ve sert organlar gelişti. Evrim süreci içinde, mercanlar, daha sonra ilk balıklar şekillendi. Karalar, tek kıta halinde ve çoraktı. Bundan 475 milyon yıl önce karalarda ilk bitkiler canlandı. Önceleri yosun ve dev ağaçlar şeklindeki bitkiler, yaşam şartlarını değiştirdi. Bitkilerden çıkan serbest oksijen atmosfere yükseldi ve karalarda hayvan yaşamı için uygun ortamı hazırladı. 425 milyon yıl önce, denizlerden önce sürüngenler ve kanatlı böcekler çıktı. Canlı, yaşamının %90'nını suda geçirmişti.

Denizden karaya çıkan hayvanların yüzgeçleri bacağa dönüştü, akciğerler şekillendi. Böceklerin yanında örümcekler, salyangozlar belirdi. Böcekler, bitkilerden tohum taşıyarak çiçeklerin oluşmasını sağladı. Daha sonra tatlı sularda balıklar

belirdi, sürüngenler ayağa kalktı, sürüngenlerden iri kuşlar türedi, dinozorlar şekillendi ve kuşlar uçmaya başladı. Sonunda yavrusunu emziren memeliler ortaya çıktı. Bazı memeliler yumurta çıkarmaya başladı, bazıları ise yavrularını içlerinde beslemeyi öğrendi. Bu sonuncular, İnsanoğlunun ilk atasıydı.

65 milyon yıl önce yeryüzüne büyük kütleli bir kuyruklu yıldız çarptı ve ortaya çıkan toz bütün atmosferi kapladı. Tozlar aşağı ininceye kadar, birkaç yıl boyunca, yeryüzüne Güneş ışığı ulaşamadı, ortalık karardı ve iklim tersine döndü. Dinozorlar dahil büyük memelilerin tamamı öldü, sadece küçük memeliler canlı kalmayı başardı. Sonra yeryüzü normal durumuna döndü, canlı kalabilen memeliler, dinozor tehlikesinden uzak, gelişmeye başladı. Beyinleri büyümeye başlayan küçük memeliler Dünya'nın hakimi oldular. Sonra, tırnaklı memeliler ve primatlar birbirinden ayrıldı. Primatların beyinleri gövdelerinin %5'ine ulaştı.

55 milyon yıl önce, başının önünde birbirine çok yakın iki gözü bulunan primatlar, daha sonra, rahatça oturabilen türleri ortaya çıktı. Bundan 8 milyon yıl önce, primatlar iki kola ayrıldı. Kollardan biri büyük goril ve maymunları geliştirdi, diğeri ise insan soyunun ileri geldiği hominidleri. İnsan ve maymunlar aynı soydan, yani primatlardan gelmektedir. İnsanlar 'asla' maymunlardan gelişmemiştir. Evrim Teorisi, insanların maymun soyundan geliştiğini öngörmez. Aynı kökten türeyen insan ve maymunların arası zaman içinde birbirinden uzaklaşmıştır. İnsan DNA'sının %99.8'i diğer canlıların DNA'sı ile aynıdır. Buna karşılık insan DNA'sının %98.4'ü şempanze, %98.3'ü gorilinki ile aynı özelliklere sahiptir. Bu durum, insan ve maymun arasındaki uzak ilişkinin bir örneğidir.

8 milyon yıl önce şekillenen hominidler bir metre boyunda ve o zamanın en akıllı canlısıydı. Bunlar ayakta durabiliyor ve yavrularını, kalp atışlarından sakinleşmesi için, sol kollarında

taşıyorlardı. Bugünkü çoğunluğun kullandığı sağ eller, kendilerini savunmak ve iş yapabilmek için, serbest kalmıştı. 3.5 milyar yıl önce başlayan serüven sonucu canlının soy ağacı artık sayısız dallara ayrılmıştı. Bunlardan en önemlisi ve en başarılısı hominidlerdi.

Hominidler bundan 4 milyon yıl önce 'homo' türlerini geliştirdi. Önce insana benzeyen, 500 gram ağırlığında bir beyni ve yuvarlak kafası olan 'homo habilis' çıktı. Homo habilis konuşamıyor fakat çeşitli sesler çıkarıyordu. Avlanan ilk canlıydı ve bundan 1.5 milyon yıl öncesine kadar yaşayabildi. Bundan 1.6 milyon yıl önce dik durabilen, 150 santimetre boyunda 'homo erectus' şekillendi. Homo erectus ateş yakan ilk canlıydı. Homo erectus 200.000 yıl önce yok oldu. Daha sonra aletler imal eden 'homo faber', konuşabilen 'homo lingua', derin düşünebilen 'homo symbolicus', 'homo curiosus' gelişti. Onları, 'homo neanderthalensis', 'homo heidelbergensis' gibi gruplar takip etti.

Bundan 100.000 yıl önce de modern insanın atası olan ve 1700 gram beyin ağırlığına sahip 'homo sapiens' ve daha sonra 'homo sapiens sapiens' ortaya çıktı. Diğer bütün homo türlerinin tarih içinde yok olmalarına karşılık, bir zekaya sahip olan homo sapiens sapiens türü bugün 'İnsanoğlu' şeklinde varlığını devam ettirmektedir. Bu tür, Dünya tarihinde gelmiş geçmiş 30 milyondan fazla tür içinde bilim, teknoloji, felsefe ve sanatı yaratmış, matematik hesapları yapabilmiş tek ve biricik türdür.

İnsanoğlunun 4 milyon yıllık evrim serüveni içinde 20 kadar homo türü yaşamıştır. Sonuncu hariç, diğerleri evrimlerini tamamlayıp yok olmuştur. Homo sapiens'inde birgün yok olacağı mutlaktır. Çünkü, bu durum evrimin değişmez bir

sonucudur. İnsanoğlunun 'nereye gittiğini' anlayabilmesi için önce 'nereden geldiğini' bilmesi gerekir.

Modern insanın atası bundan 4 milyon yıl önce hominidler şeklinde ortaya çıktı. 1974 yılında Etiyopya'da bulunan 'Lucy', insan soyunun en eski delili olmuştur. 3.5 milyon yıl önce yaşamış Lucy'nin fosili Australopithecus Afarensis türünden bir dişiydi ve Lucy tarih boyunca keşfedilmiş en önemli insan fosili ve komple bir vücut iskeleti olmuştu. Homo sapiens 100.000 yıl önce başladı. Toprağı işlemek, hayvan yetiştirmek bundan 10.000 yıl önce, yazı yazmak 6000 yıl önce, tekerleği kullanmak 5500 yıl önce gerçekleşti. İnsanın bilimsel düşünmeye başlaması 2500 yıl, matematiği bulması 340 yıl önce oldu. İnsan evrendeki yerini 80 yıl önce anladı, uzaya 40 yıl önce çıktı ve Ay'a 34 yıl önce ayak bastı.

Bütün bu oluşumlar, evrenimizin 15 milyar, galaksimizin 10 milyar ve gezegenimizin 4.6 milyar yıllık yaşları yanında bir hiçtir. Homo Sapiens'in 100.000 yıl önce ortaya çıkışından bugüne kadar geçen süre, evren yaşının 150.000'de biri, gezegenimizin yaşının 50.000'de biri, yeryüzündeki karalarda ilk canlıların görülmesi ise evren yaşının 35.000'de biri kadardır.

İnsanoğlu bilimsel düşünmeye ve doğanın sırlarını merak etmeye ise, evren tarihinin son 6.000.000'ci kesitinde başladı. 6 milyon kareden oluşan bir film şeridinde bu, en son kareciktir. 2500 yılı ifade eden son karede, insan evreni çözmeyi başarmıştır. Zaman kavramı içinde insanoğlu henüz daha 'dün' yaratılmış sayılabilir.

Şu anda yeryüzünde bulunan canlı türü sayısı, bütün zamanlarda yaşamış tür sayısının sadece binde biridir. Son 250 milyon yıl içinde 8-12 tane kütlesel ölüm olayı yaşandı. Bunlardan ilki 248 milyon yıl önce, sonuncusu ise 11 milyon

yıl önce gerçekleşti. Kütlesel ölümlerin her 26 milyon yılda bir olduğu tahmin edilmektedir. Bir canlı türünün ortalama süresi 1 milyon yıldır. İnsan soyunun şu andaki yaşı 4 milyon yıldır. Yani, normal süremizi oldukça aşmış durumdayız.

Şimdiki sorun, insan soyunun daha ne kadar devam edeceğidir ?

Yeryüzünde Yaşam

1779 yılında Hollandalı Jan Ingen-Housz, bitkilerin yeşil yapraklarının gündüzleri havadan karbondioksit aldığını ve dışarıya oksijen çıkardığını, geceleri ise karbondioksit bıraktığını ileri sürdü. Bu, yeryüzündeki canlı yaşamın dayandığı en önemli reaksiyonun ilk ifadesiydi.

Bu sıralarda, bitki büyümesinde sıcaklığın etkilerini inceleyen Alman Julius von Sachs, bitkilerin soğurdukları karbondioksitin kloroplastta nişastaya dönüştüğünü buldu. 1863'de İngiliz John Tyndall, Güneş'ten gelen ışık ışınlarının atmosferdeki gaz moleküllerine çarparak dışarı yansıdığını ve atmosferin altındaki sıcaklığın belli bir oranda sabit kaldığını belirtti. Atmosferin neden mavi renkte görüldüğünü de izah eden Tyndall, sera etkisini açıkladı.

1896'da İsveçli Svante August Arrhenius atmosferin, içindeki karbondioksit yolu ile kazandığı ısı miktarını hesapladı ve sera etkisini belirledi. 1905 yılında ise İngiliz

Frederick Blackman, bitki yapraklarındaki gözeneklerden içeri giren gaz miktarını deneysel olarak göstererek ışık, sıcaklık ve karbondioksitin bitki yaşamındaki etkilerini açıkladı.

1946'da Amerikalı Melvin Calvin, tek hücreli yeşil alg'e radyoaktif karbondioksit vererek hücre içindeki reaksiyonları belirledi. Hücre içindeki bir takım karışık proseslerden sonra karbondioksitin nişastaya ve oksijene dönüştüğünü gören Calvin, bu olaya 'fotosentez' adını verdi. Atmosferdeki oksijenin oluşmasına neden olan fotosentez prosesi, bitki ve hayvan yaşamı için gerekli en önemli biyokimyasal reaksiyondu.

Güneş etrafında dönmekte olan dokuz gezegenden biri olan Dünya, üzerinde canlı yaşamın bulunduğu tek yerdir. Dünya gezegenindeki yaşam mikroskobik boyuttaki bir bakteriden file, bir virüsten dev ağaçlara kadar milyonlarca hayvan ve bitki türünü kapsar. Yapı bakımından diğerlerine benzer olan Dünya'nın, diğer gezegenlerden en büyük farkı üzerinde çok zengin bir yaşamı barındırmasıdır.

'Yaşam nedir' sualine verilecek cevap ile, canlı ve cansız varlıklar arasındaki farkı tarif etmek oldukça zordur. Buna karşılık, canlı organizmalarda muazzam bir organizasyon mevcut olup vücut faktörleri birbiri ile direkt bağlantılara sahiptir. Canlılar, içinde yaşadıkları ortamdan kimyasal farklılıklar gösterir ve ortamdan enerji alarak onu kendi yaşamları için kullanırlar. Canlılar kendi kopyalarını üreterek ortama uyum sağlar. Ortamdaki değişikliklere adapte olur ve karbon temelli organik moleküllerden meydana gelirler. Yapılarını karbonhidratlar, yağlar, protein ve nükleikasitler oluşturur.

Biyosfer, Dünya'nın, canlıların yaşadığı bölgesine verilen isimdir. Bu bölge, okyanus yatakları ile yeryüzünün birkaç kilometre üzerindeki aralıktır. Bütün canlılar bu aralığın içinde

yaşar. Yaklaşık altı kilometre kalınlığında olan biyosfer bölgesi, Dünya'nın merkezi ile atmosferin üstü arasındaki uzaklığın binde birinden bile azdır. Biyosferde, karalar, sular ve hava yer alır ve canlılar bunların üzerinde veya içinde yaşar.

Biyolojinin bir branşı olan ekoloji, yaşayan organizmaların içinde bulundukları ortam ile olan etkileşimlerini inceler. Ortamın içinde su, karbon, azot ve oksijen gibi faktörlerin oluşturduğu bir takım 'devreler' vardır ve canlı yaşamı bu dönüşümler sayesinde ayakta durur. Dünya'nın ekosistemi içinde, kuzeydeki buzlarla kaplı çok soğuk bölgeler, onun alt kuşağında yer alan soğuk alanlar, yeşil bitkilerle kaplı yerler, ekvator yakınındaki yağmur ormanları, çöller, dağlık kısımlar ve sıradağlar, karalarda bulunmaktadır. Ayrıca ekosistemin içinde, tatlı sular ve okyanuslar da yer alır. Bütün bu bölgelerde değişik tür ve boyutta bitki ve hayvan yaşamı sürer.

Yeryüzü, Güneş'ten 'görünen ışık' şeklinde gelen kısa dalga boyundaki radyasyonla ısınır. Bu radyasyon atmosfer tabakasından kolayca geçerek Dünya'nın yüzeyine iner. Yüzeye inen radyasyon içeri soğurulur ve sonra uzun dalga boyunda ısı şeklinde tekrar yukarı çıkar. Yukarı çıkan radyasyon atmosferdeki karbondioksit tarafından tutulur, uzaya kaçması önlenir ve içeride kalır. Böylece, Güneş'ten gelen ışık enerjisi atmosferin içinde ısıya dönüşür. Atmosfer bir battaniye görevini sağlar. Bu olaya 'sera etkisi' adı verilir. Sera etkisi sayesinde yeryüzünün sıcaklığı, çok küçük limitler içinde, sabit tutulur.

Biyosferde en önemli rol oynayan gazlar karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor ve sülfürdür. Bu, canlı yaşamının temelini oluşturan altı element, doğada belli bir düzen içinde hareket halindedir ve onların daimi hareketleri organizmalara enerji sağlar.

Karbon, Dünya kütlesinin %1'inden daha az bulunmasına rağmen, yaşamın en önemli elementidir. Yeryüzündeki bütün canlıların temelinde karbon elementi bulunur. Bunun sebebi, karbon atomlarının diğer karbon ve diğer elementlerin atomlarıyla en kolay bağlanma kabiliyetine sahip olmasıdır. Karbon ayrıca, atmosferdeki karbondioksiti de şekillendirir. Canlılardaki karbon, onlara dolaylı ve dolaysız şekillerde atmosferden gelir. Atmosferde 600 milyar ton karbon depolanmıştır. Bu miktar 'karbon deviri' olarak adlandırılan bir proses sonucu daima değişmez kalır.

Atmosferdeki karbonun 2 milyar tonu hayvanların vücudunda geçici olarak tutulur, gerisi bitkiler tarafından soğurulur. Bitkilerin fotosentez ve hayvanların soluma işlemi sonucu içe alınan karbondioksit atmosfere geri yollanır. Böylece, bitkiler, hayvanlar ve atmosfer arasında devamlı süren bir karbon alış verişi sürer. Ayrıca, yeryüzündeki volkanlar, fabrika bacaları, ekzost gazları, kireçtaşı kaynakları, yer altındaki petrol ve kömür yatakları atmosfere karbondioksit çıkarır. Atmosfere çıkarılan karbondioksit ile bitkiler tarafından soğurulan karbondioksit tam bir denge halindedir.

Dünya yüzeyinin %70'i su ile kaplıdır. Su, yeryüzünde sıvı su, su buharı ve buz şeklinde bulunur. Güneş'ten gelen radyasyonla ısınan sular su buharı şeklinde atmosfere çıkar. İklim hareketleriyle atmosferdeki su buharı, daha sonra yağmur ve kar şeklinde yeryüzüne iner. Bu dönüşümler sırasında toplam su miktarı ne azalır nede fazlalaşır. Sadece şekil değiştirir. Toplam suyun %97'si ise okyanus, deniz ve göllerde yer alır.

Azot, yine benzer daimi dönüşüm içinde bulunan diğer bir elementtir. Yeryüzü ve atmosferdeki kimyasal prosesler ve organizmaların içlerindeki metabolik işlemler azotu meydana getirir. 2 milyar yıl önce ilk bitkilerin fotosentezleri sonucu

oluşan ve bundan 400 milyon yıl önce bugünkü %21 oranına ulaşan oksijen de, diğer gazlar gibi daimi bir dolaşım içindedir. Hayvanların içlerine çektikleri oksijen miktarı bitkilerin dışarı çıkardıkları miktara eşit bulunmaktadır.

Tropik bölgelerdeki yağmur ormanları ve çöller, ekosistemin en önemli iki unsurlarındandır. Yağmur ormanları, atmosferden inen yağmurların büyük çoğunluğunu çeker. Bu bölgelerdeki yüzey sıcaklığının ve nem oranının yüksek olması ölü organik malzemelerin çözülmesini ve bitkiler tarafından soğurulmasını çabuklaştırır. Yeryüzünün yaklaşık 1/3'ü çöl veya kurak arazidir. Yüksek atmosferik basınca sahip yerlerdeki çöller yeryüzündeki hava hareketlerindeki farklılıklara sebep olur.

Yeryüzündeki bitkiler, bütün canlı yaşamın anahtarıdır. Çünkü bitkilerin yeşil yaprakları, fotosentez prosesini gerçekleştirerek enerji üretme kabiliyetine sahiptir. Bir yaprağa çarpan Güneş ışını, yaprağa yeşil rengi veren klorofil tarafından tutulur. Klorofil, bitki hücresindeki sitoplazma sıvısı içinde yer alan kloroplast organelinde bulunan bir reaksiyon özüdür. Klorofil, Güneş ışığının spektrumunun kırmızı ve mavi ucundaki fotonları soğurur, yeşili ise soğurmaz. Yeşil ışığı yansıttığı için, bitki yaprakları yeşil renkli görülür. Güneş'in enerjisini alan klorofil, onu bir takım kimyasal reaksiyonlardan geçirir. Bu reaksiyonlar 'fotosentez' olayını yaratır.

Fotosentezin ham maddeleri karbondioksit ve sudur. Karbondioksit yapraklar kanalı ile havadan gelir, su, azot, fosfor, potasyum, sülfür, kalsiyum ise kökler ile topraktan alınır. Reaksiyonda, altı su molekülü ile altı karbondioksit molekülü birleşerek, bir glikoz ve altı oksijen molekülüne dönüşür. Meydana gelen oksijen molekülleri kloroplast tarafından tekrar atmosfere atılır. Glikoz molekülleri ise bir takım karışık işlemlerden sonra nişasta, selüloz gibi daha

kompleks elementlere çevrilir. Meydana gelen şeker canlının enerjisini sağlar.

Bitkiler yeryüzüne inen toplam Güneş enerjisinin on binde birini soğururlar. Soğurulan bu miktar bütün canlılar için gerekli enerjinin kaynağıdır. Yapraklarda, kloroplast bulunmayan yerlere gelen Güneş ışınları ise herhangi bir işleme uğramadan geçip gider.

Fotosentez prosesi bundan 3 milyar yıl önce ortaya çıkan bakteriler tarafından başlatıldı ve diğer yeşil bitkilerce sürdürüldü. Dünya atmosferindeki oksijen, fotosentez işlemi sonunda meydana gelmiştir. Yeryüzündeki bitkilerin fotosentez sonucu bir yıl içinde atmosfere çıkardıkları oksijen miktarı 10^{12} kilogram kadar olup, bu miktar değişmeksizin sistemde kalır.

Bitkilerin havadan aldıkları karbondioksit, yerden çektikleri su, Güneş ışınlarının sağladığı enerji ile havaya oksijen ve karbonhidratlar şeklinde bırakılır. Hayvanların soluma yolu ile aldıkları oksijen ise tekrar havaya karbondioksit olarak çıkar.

Bundan milyarlarca yıl önce ortaya çıkan ilk ilkel organizmalar ortamda hazır bulunan maddeleri kullanarak geliştiler. Onları besleyen maddelerin yanında, üremeleri için gerekli bazı elementleri de aldılar. Suda çözülebilir halde bulunan elementler enzimlerle tahrik edilerek, hücre içinde karışık ve kompleks reaksiyonlar sonucunda organizmanın çoğalmasını sağladı. Reaksiyonlar için gerekli enerji önceleri dışardan alındı, sonra ise organizma onu içinde üretti. Organizma aldığı besinlerden kendisi için gerekli enerjiyi üretmesini öğrendi.

Hayvanlar, aldıkları besinlerin içinde bulunan yağ, karbonhidrat ve proteinleri sindirim organlarındaki reaksiyonların sonunda, yağ asitleri, glikoz ve aminoasitlere çevirir. Glikoz ve yağ asitlerin bir kısmı vücut içinde saklanır. Yağ asitleri ve glikoz birleşerek asetilkoenzime, buradan da

sitrikasite dönüşür. Sitrikasit ile aminoasitin birleşmesiyle enerji, karbondioksit ve su ortaya çıkar. Bu işlem, hayvan yaşamındaki besin ve enerji devresinin ana prensibidir.

Bitkilerde karbonhidratlar basit şeker halinde, fotosentez işlemi sonunda oluşur. Bu element daha sonra polisakkaritlere, nişasta ve selüloza, en sonunda protein ve yağlara çevrilir. Bunlar, herbivirüs ve omnivirüs hayvanlarınca yenilir. Bu hayvanlar da karnivirüs hayvanlarınca yenilir. Her bir hayvanın bir öncekini yiyişinde, moleküller organizmalarda daha karmaşık sentezlere uğrar. Sentezlenmelerde organizma enerji sarf eder. Harcanan enerjiler oldukça değişiktir.

Bir ineğin bir kilogram et imal etmesi için harcayacağı enerji miktarı, bir bitkinin bir kilogram glikoz üretmesi için harcayacağı enerjiden daha fazladır. Çünkü, enerji organizmayı hemen terk etmez ve yeni moleküllerin oluşması için harekete geçer. Bir ineğin on kilogram ağırlık kazanması için elli kilogram hububat yemesi gerekmesine karşılık, bir insanın bir kilogram ağırlık kazanması için sadece on kilogram et yemesi gerekir. Hububat yiyen insan, bir kilogram ağırlığı sadece beş kilogram hububat yiyerek elde eder. Besin miktarı ile enerji oranı arasında dengeli bir ilişki bulunmaktadır.

Enerji, besinlerle bir canlıdan diğerine geçer ve asla yok olmaz. Canlılar enerji sayesinde canlıdırlar. Güneş'ten gelen enerji ilk önce bitkilerce alınır ve fotosentez yolu ile üretilen ilk besinlerin içine depolanır. Bu, zincirin ilk halkasıdır. Bir hayvan bitki yiyince bitkideki enerji ona geçer. Bitki yemeyen, fakat bitki yiyen hayvanı yiyen başka bir hayvan, ilk kaynağı bitki olan enerjiyi ondan alır. Ve enerji zincirinin diğer halkaları tamamlanır.

Yeryüzünde binlerce hayvan türü vardır ve hepsi kendi yaşamları için gerekli enerjiyi bir başka canlıyı yiyerek kazanır.

Sonuçta, her hayvan ya bir bitki veya bitki yiyen bir hayvanı yemek zorundadır. Bitkiler ise canlı kalabilmek için başka bir canlıyı yemezler ve besinlerini kendileri üretirler.

Bitki ve hayvan gelişmeleri oldukça değişiktir. Hayvanların gelişmesi, belli bir yaşa ulaşınca durur ve şekilleri değişmez kalır. Bitkiler ise ortam şartlarına göre büyümeye devam ederler. Bitkilerin alacakları biçimler ise rüzgar, yağış, Güneş ışını gibi ortam şartlarına bağlı kalır. İnsanlarda genellikle 20 yaşında vücut büyümesi sona erer. Bitkilerde ise, günde bir metre uzayan bambu ağacına kadar, büyüme oranları oldukça farklılık gösterir.

Canlı yaşamı Dünya'nın çok küçük bir kısmında, belki milyarda birinde sürmektedir. Denizlerde, karaların üstünde ve çok az miktar yerin altında olan canlı yaşamının, az bir kısmı da atmosferin alt tabakalarına yerleşmiştir. Yüksek dağ tepelerinde, okyanusların en dip bölgelerinde, çöllerde, kutuplar gibi ortamın uygun bulunmadığı yerlerde ise canlılar barınamamaktadır.

Ozon, üç oksijen atomundan meydana gelen bir gazdır. Renksiz olan ozon, Güneş'in morötesi ışınlarının atmosferdeki oksijeni parçalanması ile oluşmuştur. Ozon, atmosferin 13 ile 24'cü kilometreleri arasına yerleşmiştir. Her bir milyon atmosfer molekülüne karşılık üç tane ozon gazı molekülü bu aralıkta dağılmıştır. Ozon gazı, Güneş'ten gelen morötesi ışınlara karşı bir filtre görevini gerçekleştirir. Son derece zararlı ve canlıların kanser hastalığına yakalanmalarına neden olan morötesi ışınlar atmosferdeki ozon gazı tarafından tutularak yere inmesi önlenir. Oldukça ince olan ozon tabakası, morötesi ışınların %99'unu tutmayı başarır.

Yeryüzünün soğuk bölgelerinde, bilhassa kutuplarda, klorokarbonlar atmosferde nitrik oksitle reaksiyona girerek klor

bileşimlerini oluşturur. Klor bileşimleri de ozon ile etkileşerek onu oksijene bozar. Bir klor molekülü 100.000 ozon molekülünü yok eder. Sıvı olarak saklanabilen zehirsiz klorokarbonlar plastik, kozmetik, soğutma gibi sanayilerde kullanılan ideal bir gaz olup, yaygın olarak ticari maksatlarda üretilmektedir. Yeryüzünden yukarı yayılan klorokarbonların ozon tabakasına ulaşması 30 yıl sürer ve sonunda orada kalır. Bu gidişle, 2500 yılına kadar atmosferdeki ozon miktarının %30'u yok olmuş olacaktır.

Yapılan araştırmalar, Dünya'nın kuzey ve güney yarıkürelerinin üstündeki atmosferde ozon tabakalarının oldukça zayıfladığını ve geniş iki deliğin açıldığını göstermiştir. Ozon tabakasının her %1 oranında zayıflaması durumunda %2 oranında daha fazla morötesi ışın yere inecek ve bu durum canlı hastalıklarının artışının yanında, yeryüzünün ekosistemini de büyük oranda bozacaktır.

Şu anda ortalama 15 derece olan yeryüzü sıcaklığı, 21'ci yüzyılın ortalarında 4 derece kadar yükselecektir. Bu durumda, kutuplardaki buzlar eriyecek ve okyanus suları 5 metre yükselecektir. İklim şartları, karbon, su dönüşümleri etkilenerek canlı yaşamı için mevcut devreler değişecektir.

Son 150 yıl içinde sanayi devrinin gelişmesiyle, atmosferdeki karbondioksit miktarında önemli artış meydana gelmiştir. Kömür, petrol ve doğal gaz kullanımının çıkardığı karbondioksit miktarı yılda 5 milyar tondur. Karbondioksitin çoğalması atmosferin sera etkisini etkilemekte ve yeryüzünün sıcaklığını yükseltmektedir. Zira, deniz suyunun yüksekliği binlerce yıl öncesine göre 15 santimetre daha fazladır. Atmosferdeki karbondioksit miktarının yükselmesi asit yağmurlarına sebep olarak, doğanın dengesini bozacaktır. Önümüzdeki yüzyıllarda yeryüzündeki canlı yaşamını 'zor günler' beklemektedir.

3.5 milyar yıl önce yaşamın başlamasından bugüne kadar yeryüzünde 2 milyardan fazla canlı türü yaşamıştır. Bu miktarın %90 ile %99.9'u halen yok olmuştur. Bugün yaşayan canlı organizma türü 30 milyon civarında bulunmaktadır. Bunların arasında, 100 atom boyunda bir bakteriden, 1.5 gram ağırlığı ve 2.5 cm uzunluğundaki memeliden, 55 metre uzunluğunda solucana, 5 ton ağırlığındaki Afrika filine kadar çok değişik türler yer almaktadır. Hayvanların yaşam süreleri, 2 aylık ömrü olan bir sinekten, 150 yıldan fazla yaşayan kaplumbağaya kadar yine çok değişiktir.

Yeryüzünde yaşayan canlı kütlesinin %90'nını bitkiler oluşturur. 400.000 bitki türü tespit edilmiştir. Bitkilerin hayvanlarla olan en önemli farkları, belli bir yerde toprağa kök salmış bir durumda yaşamaları ve ortamda hareket kabiliyetinden yoksun bulunmaları, klorofil ihtiva etmeleri ve besinlerini kendilerinin üretmesi, hücre yapılarının hayvan hücrelerinden farklı yapıda bulunması, büyümelerinin genellikle kök ve uç dallarda gerçekleşmesi ve üreme sistemlerinin hayvanlardan daha değişik şekilde olması, farklı hormonlara sahip bulunmaları şeklinde özetlenebilir.

Beyin ve Yapay Zekâ

MÖ-300 yılında Anadolu'da yaşayan Herophilus, beyin ve sinir sistemini tarif eden ilk insan oldu. Herophilus, sinirlerden gelen mesajların beyinde toplandığını ve onun, bütün vücudun bir kumanda merkezi görevini yaptığını belirtti. Daha sonra, Miladın ilk yıllarında Erasistratus beyinin yapısını ve sinirlerin türlerini tarif etti. Milattan sonra 2'ci yüzyılda Galen, hayvanlar üzerinde deneyler yaparak omuriliğin his ve hareketlerdeki önemini belirtti. Galen, beyindeki en önemli bölgenin dokular değil, içinde sıvı dolu olan boşluklar olduğunu ileri sürdü.

1800'lerin başlarında İskoçyalı Charles Bell, sinirlerin uzun ve ince lifler şeklinde olduğunu ve birbirinden ayrık bulunan liflerin dürtüleri sadece tek yönde ilettiklerini gösterdi. Bell ile birlikte nörofizyoloji bilimi başlamış oldu. 1820'de Fransız Pierre Flourens, güvercin ve köpeklerin sinir sistemlerinde deneyler yaptı. 1838'de Alman Robert Remak, ana sinirlerin myelin kılıfını keşfetti ve omurilikten çıkan aksonların çalışma prensiplerini açıkladı.

1840 yılında Alman Johannes Müller, sinir sistemindeki özel enerji yasasını çıkararak her organın belli bir dış olaya duyarlı sinirle kontrol edildiğini ileri sürdü. 1849'da Alman Emil Du Bois-Reymond, sinir dalgalarını ölçerek, dalgaların elektrik akımı ile iletildiğini, 1863'de Alman Wilhelm Waldeyer-Hartz nöronları, 1870'de Alman Eduard Hitzig beyin içindeki farklı bölümleri, 1885'de de İspanyol Santiago Ramon Cajal beyin ve omurilik hücrelerini ve aksonlarla olan bağlantılarını buldular.

1920'de İsveçli Walter Hess beyin bölümlerinin fonksiyonlarını, İngiliz Edgar Adrian ise uyarıların yoğunluğu ile frekans değişimi arasındaki ilişkiyi keşfetti. 1925'de İngiliz Henry Dale ve Alman Otto Loewi, snapslar içindeki sinir darbelerinin transmisyonlarını açıkladı. 1935'de İngiliz Charles Sherrington refleks sistemini inceleyerek nöroloji bilimine modern bir şekil verdi.

1940 yılında İngiliz Alan Turing, bir insan gibi düşünüp cevap verebilecek 'yapay zeka' makinasının sistemini geliştirdi. İngiliz Alan Hodgkin ve Andrew Huxley 1939'da ana sinir telleri olan aksonlarla diğerleri arasındaki elektrik potansiyel farkını hesap ettiler, sinir içinin negatif, dışının pozitif yüklerini bularak, iç dürtü dalgalarının hızlarını keşfettiler. Daha sonra, Avustralyalı John Eccles nöronları tanımlayarak sinir sistemindeki bilgi akışını açıkladı. 1947'de İtalyan Rita Levi-Montalcini sinirlerdeki gelişme faktörünü, 1954'de de Amerikalı Roger Sperry beyin iç bölgelerinin fonksiyonlarını açıkladılar.

1877'de telefonun icat edilmesinden beri, mesajları elektrik sinyalleri ile iletmek mümkün olmaktadır. Telefon telleri boyunca bu mesajların ilerleme hızı, ses hızının 900.000 katıdır. Milyonlarca insan arasında telefon teli kurmak işi çok zor olduğundan, bütün telefon kablolarının birleştiği bir santral

sistemi yaratılmıştır. Canlı vücudundaki haberleşme sistemi, telefon santrallerinden 500 milyon yıl önce sinirlerle kurulmuştu. Bir hayvan vücudundaki mesajlar, sinirler boyunca sinir sinyalleri şeklinde uzun mesafeler katleder. Sinirlerdeki sinyaller birer elektrik dürtüleridir. Sinir sistemi sayesinde hayvan türleri dış dünya ile haberleşebilmektedir.

Hayvan vücudunun her noktasına yayılmış olan sinirler tek bir yerde birleşir: beyin. Beyin, bir hayvan vücudunun telefon santralidir. Vücudun duyu organlarından başlayan ve sinirler boyunca ilerleyen sinyallerin hepsi beyinde toplanır ve orada analiz edilir. Beyinde incelenen sinyaller, motor sinirleri boyunca adalelere, gereğinin yapılması için, iletilir. Beyin ve ara beyinler, sistemin merkezini teşkil eder. Duyu sinirleri, motor sinirleri ve diğerleri ise sistemin diğer parçacıklarıdır.

Denizanası gibi bazı basit hayvanlarda merkezi beyin bulunmamasına rağmen, vücudunu bir ağ gibi saran sinirler mevcuttur. Bir beyin olmamasına rağmen sinirler birkaç hareketin kontrolünü yerine getirebilir. Bir böcekte ise, göze yakın konumda beyin mevcut olup içinde en fazla 100.000 sinir hücresi yer alır. Sinirleri ise, anten, kanat, bacaklar ve vücudun diğer yerlerine uzanır. Sürüngenlerdeki sistem oldukça basit olup, sistem bilhassa soluma, kalp atışı, görme, koku alma gibi temel fonksiyonları kontrol eder.

İnsan vücudu en gelişmiş ve karmaşık beyin ve sinir sistemine sahiptir. İnsan beyninde 100 milyar sinir hücresi toplanmıştır. Bunlar, arka kısımdaki yüksek akıl faaliyetlerinin oluştuğu 'serebrum' bölgesinde toplanmıştır. Buradan, omurilik başlar ve aşağı doğru iner. Omurilikten çıkan ve vücudun her yerine yayılan sinir ağı oldukça karışıktır.

Kafatasının içine rahat bir şekilde yerleşmiş olan beyin, bir hücre kadar heyecan verici ve onunla birlikte evrenin 'en

harika' iki makinasından biridir. Pembe gri renkli, yumuşak dokulu beyin, canlının bir ömür boyu fonksiyonlarının bilgilerini depolar. Beyine her saniye gelen milyonlarca sinir sinyali, içinde analizden geçirilecek vücudun her yerine 'talimat' olarak iade edilir.

İnsan beyninin %90'ı iki tane serebral yarı küresinden oluşur. Bunların dış yüzeyleri 3 milimetre derinliğinde 'korteks' denilen tabaka ile kaplıdır. Korteks, birbiri üstüne katlanmış olup açıldı- ğında bir masa yüzeyini kaplayabilir. Bu tabaka, duyusal bilgilerin çözüldüğü, bilinç, hafıza, öğrenme ve planlamanın yapıldığı bölgedir. Vücut hareketleri buradan planlanır.

Beynin iki yarı küresi, vücudun ters taraflarındaki duyuları kontrol eder. Beynin sol tarafı, vücudun sağ tarafındaki olaylarla meşgul olur. Sağ beyin ise vücudun sol tarafı ile. Beyin yarı kürelerini orta bölgede bir kuşak gibi saran korteks tabakası üzerinde yer alan kesit bölgelerin her biri ayrı bir organ ile bağlantılı olup, her kesit ayak parmaklarından başa kadar, birçok organın kontrolünü yerine getirir. Korteks üzerindeki kesitlerin genişlikleri, kontrolünü yaptıkları organın önemine göre değişiktir.

En dışta bulunan korteks'in altında limbik sistemi, talamus, serebellum, hipotalamus gibi bölümler yer alır. En dipten çıkan beyin sapı, omurilik olarak vücudun alt kısmına uzanır. Limbik sistemi, hafıza, hisler, heyecan ve seks davranışlarını organize eder. Hipokampus, transferleri gerçekleştirir, depolama ve hafıza çağrışımlarını yerine getirir. Serebellum, kas hareketlerini, refleksleri idare ederek, duyu inputlarını alır. Daha aşağıda bulunan medulla, kalp atışlarını, soluma gibi otomatik hareketleri gerçekleştirir. Hipotalamus, acıkma, susama, vücut sıcaklığı, kan basıncı, gibi olayları düzenler.

Yan yana duran iki beyin yarı küreleri birbirinin aynısıdır. Nöron köprüleri ve talamus ile birbirine bağlanmış olan iki küre birbirini kontrol eder. Sağ beyin küresi böylece, solun neler yapmakta olduğunu anında bilir.

Beyin doymak bilmeyen bir enerji tüketicisidir. Kan yolu ile devamlı oksijen ve glikoz emer. Bir insan vücudu ağırlığının sadece %2'sine sahip olmasına rağmen, vücudun oksijeninin %20'sini kullanır. Bu miktar, oksijeni hem gündüz hem gece tüketir. Geceleri rüyaların görüldüğü zamanlardaki sarfiyatı ise daha fazla olur. Beyine oksijen sevkıyatı on saniye kadar dursa, bilinç yok olur, daha uzun süre durduğu takdirde beyin kalıcı zarar görür. Beynin ihtiyacı olan oksijeni sağlayabilmek için, kalbin pompaladığı toplam kanın 1/5'i beyine gider.

En dipte ortada beyin sapı, beynin en eski ve en ilkel kısmıdır. Omuriliğin başladığı yer olan sap, soluma, kan basıncı, yutma, kalp atışı gibi temel fonksiyonları kontrol eder. Onun üzerindeki küçük fakat güçlü yapı olan hipotalamus, açlık, seks, hormon üretimi gibi görevleri yerine getirir. Daha yukarıdaki talamus, beynin alt ve üst bölgeleri arasındaki mesajların birleştiği ve işlem gördüğü bir merkezdir. Bu üç bölge evrimin ilk yıllarında şekillenmiştir. Üst üste duran üç parçanın en üstünde yer alan korteks ve limbik sistemi, memelilerin beynine has olup, beynin düşünme, hafıza ve his merkezidir.

Gelişmiş memelilerde, iki beyin yarı küresinin arasında onları birbirine bağlayan limbik sistemi yer alır. İki yarı küre insanda, toplam beynin altıda beşini oluşturur. Beynin en sihirli yeri olan ve yarı kürelerin üst yüzeyinde bir kuşak şeklinde yer alan korteks düşünceleri, lisanları, planlamayı, hafızayı kontrol eder ve insanoğlunun üstün özelliklerini sağlar. 100 milyar beyin hücresinin %75'i burada toplanmıştır.

İnsanın doğumunda giydiği ve bir ömür boyu üzerinde taşıdığı derisi en büyük organ olup yaklaşık üç kilogram ağırlığında ve iki metrekare genişliğindedir. Bu yüzeyin her santimetre karesine 200 tane sinir ucu bağlanmıştır. Bunlar canlının dış Dünya ile bağlantısını kurar. Canlı vücuduna yayılmış milyonlarca sinir ucundan çıkan elektromanyetik sinir dürtüleri birer zincir halinde sinir sistemi boyunca yol alarak beyinin ilgili bölümüne ulaşır.

Beyinde analizden geçirilen bu dürtüler birer talimat halinde organlara, gerekli işlemlerin yapılması için, geri yollanır. Dürtülerin sinirler içindeki ilerleme hızları farklıdır. Deriye iğne batırılması ile meydana gelen sinyallerin saniyede 30 metre hızla yol almasına karşılık, yanmadan oluşan bir ağrının sinyali saniyede 2 metre hızla giderler.

Her günün her saniyesinde, milyarlarca mesaj insan sinir sistemi içinde dolaşır. Bunların hepsi omurilikten geçerek, kumanda merkezi olan beyinde toplanır. Beyinde yer alan 100 milyar sinir hücresi veya 'nöron', beyne her saniye gelen milyarlarca mesajı inceleyen uzman görevini yerine getirir. 'Dendrid' denilen yan kollardan gelen mesajlar, 'akson' adı verilen tekli sinir kablolarından geriye yollanır.

Sinir telleri, 'myelin' olarak adlandırılan kalın bir kılıf içinde gizlenmiştir. Myelin, içindeki ince sinir telini dış ortamdan gizler ve mesajların daha hızlı yol almasını sağlar. Bacaklardaki kalın bir sinir teli içindeki dürtülerin ilerleme hızı saatte 450 kilometredir.

Beyin ile vücuda yayılmış milyonlarca sinir telleri arasındaki bağlantıyı, yaklaşık 43 santimetre uzunluğunda ve 2 santimetre genişliğinde olan ve bir lastik hortum kadar sağlam ve elastik olan 'omurilik' sağlar. Omurilikten 31 çift ana sinir, onların her birinden de on binlerce münferit ince sinir teli çıkar. En altından da, at kuyruğu denilen binlerce sinir telinin

oluşturduğu bir küme ayrılarak vücuda yayılır. Omuriliğin iç yapısı milyonlarca sinir hücresinden oluşur. Bunlar otomatik refleks hareketlerini sağlar.

Bir telefon sistemindeki ana ünitenin, sesi elektrik sinyalleri halinde kablolar içinde gönderen telefonun ağızlığı olmasına karşılık, sinir sistemi içindeki üniteler nöronlardır. Beyinde yoğunlaşan nöronlar, aynı zamanda vücudun içine de dağılmış durumdadır. Bir solucanda binlerce nöron bulunmasına karşılık, insan vücudunda milyarlarcadır. Nöronun içinde hücre vardır. Bu telefondaki ağızlığa tekabül eder. Nöronun çevresinden, etrafa ağacın dalları gibi yayılan birçok ince uzun lifler çıkar. Bunlara 'dendrit' adı verilir. Omurilikten çıkıp, myelin kılıfları içinde saklı olarak vücuda dağılan daha kalın aksonların uçları dendritlerle bağlanır. Akson ve dendritlerin birbirine dokunma yerlerine 'synap' adı verilir.

Nöronlar sinir sinyallerini ilerletir. Sinaplar ise sinyalleri bir nörondan diğerine geçirir. Myelin kılıfı içine gizlenmiş bir akson boyunca, içlerinde birer sinir hücresi yer alan birçok nöron bulunur. Aksonlarla nöronlar, nöronların her yönünden çıkan dendritler kanalı ile temas halindedir. Nörondan çıkan dallardan bir tanesi 'Schwann hücresi' olarak devam eder. Schwann hücresi, myelin kılıfını oluşturan ve aksonu içinde gizleyen bir kablo gibidir. Aksonların uçlarının dendritlere birleştiği yerlerde, ikisinin arasında 0.0002 milimetrelik bir aralık bulunur. Bir milimetrenin on binde ikisi kadar olan bu son derece dar aralık aksonun ucunu, nörondan çıkan, dendrit dallarından ayrık tutar.

Aksonun ucuna kadar elektrik sinyali halinde gelen sinir mesajları, buradan dendrite kadar olan 0.0002 milimetrelik aralığı 'nörotransmiter' kimyasal kabarcıkları halinde atlar ve dendrit dalının o bölgesinde anında oluşan alıcı çukurlara yapışır. Yani, aksondaki elektrik sinyalleri birer kimyasal

kabarcık halinde boşluğu geçerek, dendrit üzerinde yine birer elektrik sinyalleri şeklinde devam eder ve Schwann hücreleri içindeki aksonlar boyunca bir sonraki nörona doğru yol alırlar. Bir sonraki nöronun dendritlerinde aynı işlemler olur ve sinyaller sonunda omuriliğe, oradan da beyne ulaşır.

Bir sinir sinyali 30-80 milivolt elektrik gücünde olup, bir saniyenin on binde biri kadar devam eder ve nöronun içinden saniyede 100 metre hızla geçer. Sinyaller nöronu geçerken, nöron hücresinin tam içinden geçmek yerine onun dış zarı etrafından dolanır. Elektrik yüklü sinyaller aksonlar boyunca yol alırken myelin kılıfları ve kılıfları meydana getiren Schwann hücreleri tarafından korunurlar ve izolasyon görevi yapan bu kılıflarca yüklerini muhafaza ederler. Dışarıdaki yüklerin pozitif olmasına karşılık, kılıflar içindeki aksonlarda akan elektrik sinyallerinin yükleri negatiftir. Bütün aksonlar sonunda omuriliğe bağlanır.

Bir insan beyninde 100 milyar nöron, bir nöronda on binlerce dendrit bulunup, her dendrit sinap aralıklarıyla on binlerce başka nörona bağlıdır. Bir insan vücudunda yaklaşık 50 santimetre uzunluğunda sayısız akson sinir teli bulunduğu ve her aksonun üzerinde birçok nöronun yer aldığı bilindiğine göre, sinir sisteminin 'sonsuz' karışıklığı ve buna rağmen 'mükemmel' işlerliği insan aklının kabul edemeyeceği düzeydedir. 100 milyardan her biri bir saniyede 200 sinyali saniyede 100 metrelik hızla bir sonrakine ulaştırır.

Derinin üst yüzeyinin hemen altında yer alan milyonlarca yuvarlar dıştan gelen etkileri ilk alan cisimciklerdir. Dış etkiler bu yuvarları harekete geçirir ve bir elektrik boşalmasını oluşturur. Elektrik boşalması yuvarlara bağlı olan myelin kılıfları içinde izole edilmiş olan aksonlar boyunca dürtüler halinde ilerler. Saniyede yaklaşık 140 metre hızla ilerleyen elektrik sinyalleri önlerine çıkan sinaplardan atlayarak

dendritlere geçer, dendritlerin bağlı bulunduğu nöronların cidarından dolaşarak sonunda omuriliğe ulaşır. Omuriliğin bir tarafından yoluna devam eden sinyaller, omuriliğin sonuna bağlı olan beyin sapının ters tarafına geçer. Beyin sapından talamusa dalar, oradan beynin korteks bölgesine varır. Burası, o sinir sinyalinin 'anlamını' çözecek ve gerekli 'talimatı' geri gönderecek merkezdir. Beyin yarı kürelerini üst kısımda bir kuşak gibi sarmış olan korteks bölgesinde yer alan milyarlarca sinir hücresi, gelen sinyalleri çözer, deri altındaki yuvarlardan kaynaklanan etkinin ne olduğunu anlar ve gerekli işlem için talimatları verir. Deri altındaki yuvarlardan çıkan sinyalin beyindeki korteks'e ulaşması bir saniyeden kısa zaman alır.
Galaksideki yıldızların sayısına yakın olan beyindeki nöron hücreleri, beynin diğer hücreleri yanında büyük bir üstünlüğe sahiptir. Üstünlükleri 10'a 1 oranındadır. Normal beyin hücreleri nöronları çevreler ve onlara birer destek görevi yapar. Gri renkli nöronlar beynin bilincini meydana getirir. Etrafından civara yayılan dendrit dalları diğer nöronlarla sinyal alış verişini sağlar.

Nörondan çıkan beyaz renkli uzun kuyruk olan akson ise içinde sinyalleri taşır. Bir aksondan 10.000 tane terminal ayrılır ve her biri başka bir nörona bağlanır. Her nöron binlerce diğer nörondan sinyal alabilir ve her nöron aynı anda milyonlarca farklı mesajı taşır. İnsan beynindeki nöronlarla, evrendeki kozmolojik olaylar arasında korkunç bir benzerlik mevcuttur.

Nöronlar çok yakın durmalarına rağmen birbirlerine asla dokunmazlar. Dinlenme halinde nöronların içinde negatif elektrik yükü bulunur. Etraflarını saran tuzlu sıvı ise pozitif yüklü sodyum iyonlarını ihtiva eder. Bu sıvı canlının ilk oluşumu sırasında şekillenmiştir.

Canlı vücudundaki bütün hücrelerin bölünerek çoğalması, bir kısmının ölmesi ve ölenlerin yerine yenilerinin üremesine

karşılık, beyindeki nöronların tamamı daha doğuş sırasında oluşur. Doğum esnasında meydana gelen 100 milyar nöron, diğer hücreler gibi bölünmez ve çoğalmaz. 20 ile 70 yaşların arasında, her bir yıl içinde yaklaşık 18 milyonu ölür ve ölen nöronlar asla yeniden yaratılmaz.

Bir insanın yaptığı her şey beyindeki nöronlarda bir iz bırakır, onların gelişmesine sebep olur. Parmak izleri gibi, hiçbir insanın beyin aktivitesi diğerine benzemez. Bir insan en üst düzeyde zeka ve hafıza seviyesine 20 yaşında sahip olur. Bu yaştan sonra nöronların ölmeye başlamasıyla akıl seviyesi düşer. Çok ileri yaşlarda hafızanın kaybedilmesi, nöronların artık minimum sayıya ulaşmasından ileri gelir.

Görme, işitme, tatma, koklama ve dokunma hayvanların sahip bulunduğu beş duyudur. Canlılar bu hisleri, ilgili organlara yayılmış sinir uçlarının çıkardığı sinyallerin beyne ulaşması ile algılar. Beyindeki bölümler bu sinyallerdeki mesajları çözerek gerekli vücut fonksiyonları için talimatları ortaya çıkarır.

Beyin durmadan çalışır. Uykuda bile solumayı, sindirimi, kalp atışını idare eder. Uykuda iken beyin ayrıca beş farklı aktivite içine girer. Bu aktiviteler nöron gruplarının elektrik faaliyetlerindeki, yani beyin dalgalarındaki değişikliklerdir. Uykuda yani boşta çalışma halinde alpha dalgaları görülür. Bu dalgaların sayısı saniyede 7 ila 12 arasındadır. Hafif uykuda sayıları saniyede 3 ila 7 olan teta dalgaları, saniyede 1 ila 2 adet delta dalgaları gibi farklı aktiviteler gösterir.

Uykuda neden ‘rüyaların’ görüldüğü ve hatta hayvan türünün neden ‘uyuma’ ihtiyacı duyduğu henüz bilinmemektedir. Bunun bir nedeninin, gün boyunca yaşanan olayları, beynin uykuda analiz etmesi, dosyalaması ve kendini yenileyerek, lüzumsuzları ihraç etmesi olarak gösterilmektedir. Ayrıca, uyku sırasında bazı nöronlar arasındaki ilişkiler

sağlamlaştırılmakta bazıları ise gevşetilip yok edilmekte de olabilir. Uykunun, hava kararınca yatıp uyumaktan başka yapacak bir şey bulamamış ilk ilkel insandan bugüne kadar gelmiş, milyonlarca yıllık bir alışkanlık olduğu da söylenebilir. Her şeye rağmen hayvan türünün neden uyuma ihtiyacı duyduğu henüz tam olarak çözülememiştir.

Makinaların bir zekaya sahip olup olamayacakları veya düşünüp düşünemeyecekleri daima bir merak konusu olmuştur. Bilgisayarlar zor matematik problemlerini çözebilmekte ve satranç oynayabilmektedir. Bilgisayarların insan gibi düşünebilecekleri hakkında henüz kesin bir bilgi mevcut değildir.

Beyin bir makina değildir. Bir makina olsaydı, o zaman bir makina da düşünebilirdi. Bilinç ve zeka beyinden Ayrı bir varlık ise, bir makina asla düşünemeyecektir. Önce beyin-zeka ilişkisinin tanımlanması gerekmektedir. Beyin-zeka tartışmaları hala sürüp gitmektedir.

Son yıllarda geliştirilen 'Eliza programı' kapsamında, başka bir bilgisayarla ve bir insanla konuşabilen makinalar halen imal edilmiştir. Bu konuşmalar belli anahtar kelimelere dayanmakta olup, insan konuşmasındaki kelimelerin seçimi, telaffuzu ve anlamlarına göre tekrarları bilgisayarlarca yapılmaktadır. Kaidelerin formüle edilmesi en büyük zorluklardandır.

Bir bilgisayar dört temel elemente sahiptir. Bunlar, bilgiyi kaydeden depolama ekipmanı, bilgiyi kullanan proses ekipmanı, bilgiyi makinanın içine alan ve dışarı veren input/output ekipmanı ve işlemi kontrol eden program veya software'dir. Bilgisayarlar, bilgileri kütleler halinde depolayan, ayıklayan ve tekrar veren cihazlar olup, insanoğlu kabiliyetinin katlarca üzerinde bir potansiyele sahip gibi gözükürler. Son zamanlarda bir saniyenin bir milyarda birinde operasyonlar yapabilecek hızda süper bilgisayarlar imal edilmiştir.

Satranç oynayan bilgisayar bu oyunu ‘duygusuz’ bir şekilde bütün pozisyonları hesaplayarak hızla oynar. İnsan ise, düşünerek, çeşitli ‘sevinç ve üzüntü’ belirtileri çıkararak yavaş hareketlerle oynar. Bunun nedeni, insan beyni ile bilgisayarın farklı şekillerde işlemesidir.

Bilgisayar birkaç milyon parçanın basit bir sistemle birleştirilmesinden meydana gelmiş olup, saniyede yüz milyonlarca sinyal yaratır. Sinyalleri ışık hızında yol almasına rağmen, adım adım hesaplamaları arasında ağır yürür. İnsan beyninde 100 milyar nöron olup, her nöron saniyede 200 sinyal çıkarır. Sinyalleri saniyede sadece 100 metre hızla yol alır. Her bir nöron binlerce başka nörona bağlı olup, beyin bilgisayardan çok daha fazla görevi yerine getirir.

Beyin kabiliyetinde ve kapasitesinde çalışabilen bir bilgisayar yapılabilir mi ? Bu ümit edilse bile, böyle bir bilgisayarın imal edilebileceği çok şüphelidir. Silikon katlarından yapılmış, birbiri ile yatay ve dikey bağlantılı ve yanlışlıklarını analiz ederek sinyallerini ayarlayan ve doğru cevapları bulabilen beyin benzeri bazı bilgisayarlar mevcut bulunmaktadır. İnsanlar gibi komple bir senfoni müziği yapacak ve çalacak bilgisayarlar planlanmaktadır. Bu bir gün mümkün olsa bile acaba böyle bir bilgisayar veya robot, çalan bir senfoni müziğini insanlar gibi ‘zevk alarak’ dinleyebilecek mi ? Bu, çok şüphelidir.

Her şeyden önce, beyin-zeka ilişkisinin tarif edilmesi gerekir. Eğer zeka beyinden ayrı fakat onun vasıtasıyla ortaya çıkan bir şey ise, o zaman bir makina olan bilgisayar asla düşünemez. Eğer beyin bir makina ise, bu takdirde bilgisayar da düşünebilir. Elektronik bilgisayarların ortaya çıktığı ilk zamanlardan beri beyin ile bilgisayarlar arasında bir analog kurma girişimleri devam etmektedir. Bilgisayarların son yıllarda daha fazla gelişmesiyle ümitler artmış ve çalışmalar

hızlanmıştır. Beyin fonksiyonlarının anlaşılmış olması çeşitli teorileri ortaya çıkarmıştır.

Beyin canlı bir varlıktır. Bilgisayar ise cansızdır. Bilgisayarın içindeki her şey belli yerlerde sabit duran parçalardır. Beyini oluşturan nöronlar ise son derece kompleks, hareket eden, yaşayan ve ölen cisimler olup, yapı ve kabiliyetleri canlının geçmiş tecrübeleriyle değişir ve gelişir. İçine aldığı bilgiler onun kapasitesini fazlalaştırır, nöronlar arasındaki alış verişi kolaylaştırır.

Bilgisayarlar kendiliklerinden gelişemezler, kabiliyet ve potansiyellerinin artması için yeni devrelerin ilave edilmesi gerekir. Sonuçta her ikisi de, birbirine bağlanmış birçok üniteden meydana gelmiştir. Bilgisayarın elektronik devrelerini çoğaltarak silikon çiplerden alınacak bilgiler bir beyin düzeyine getirilebilir.

1995 yılında geliştirilen 'Cyc Projesinde' 10 milyon temel bilgiyi kapsayan bir bilgisayar programı gerçekleştirilmiş olup, bilgisayar bu miktar olayı konuşabilmektedir. Fakat bu bilgisayar, yine de, insan beyninin sahip bulunduğu bilinç, öğrenme, heyecan, duygu gibi fonksiyonları çıkaramamaktadır.

Her ikisi de elektrikle çalışmasına rağmen, elektriği farklı yollardan kullanırlar. Bilgisayarda elektrik, kablolar içinde ışık hızında darbeler halinde yol alır. Beynin elektriği ise, içeride negatif, dışarıda pozitif yükler halinde ince sinir tüpleri içinde gider ve hızı oldukça yavaştır. Bilgisayar birkaç milyon transistora, beyin ise 100 milyar nörona sahiptir. Her nörondan çıkan aksonlar, binlerce dendritler, bunlar arasındaki sinapslar ve bunların bağlı olduğu binlerce diğer nöronlar, beyin sistemini çok daha karışık yapmaktadır.

Bilgisayar bilgileri çok hızlı olarak, fakat bir an içinde bir tane olarak, verir. Beyin ise, aynı anda binlerce farklı

operasyonu gerçekleştirir. Bilgisayarlar kendilerine yüklenen programa göre farklı fonksiyonları çıkaran genel maksat makinalarıdır. Programsız bir işe yaramazlar. Beynin bir programa ihtiyacı yoktur.

Bilgisayarlar çiftli sistemle çalışır ve bir etkinin mevcut olup olmadığını anlamaya çalışır. Beyin ise çok geniş bir alandaki farklı güçte sinyalleri tanımlar. Hareket etme, duygulanma, konuşma, görme, işitme gibi fonksiyonları bilgisayar gösteremez. Bunlar, beyindeki bölümlerin sahip bulunduğu özelliklerdir.

Birbirine paralel bağlanacak çok sayıda bilgisayara yüklenecek özel programlarla beyin ve bilgisayar arasında bir benzerliğin gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmalar belli bir düzeye ulaşmıştır. İki sistem arasındaki en büyük zorluk, beyinin sahip bulunduğu duyu organlarıdır. Bugünün bazı makinaları, tarama sistemleriyle karakterleri tanımlamakta ve bilgisayarın kullanımına sunabilmektedir. Böylece beyin ve bilgisayarlar arasındaki temel farklılıklar azaltılmaktadır.

Yapay zeka imal etmekteki en büyük zorluk ‘bilincin’ tarifidir. Nöronların yarattığı bilinç, felsefik bir fikir de olabilir. Beyin ve zeka arasındaki ilişkinin tam olarak anlaşılmasından sonra beyin ve bilgisayar arasındaki benzerlik çözülmüş olacaktır.

S o n u ç

Her Şey: Niçin ?

Her Şey Niçin ?

Bundan 475 yıl önce yeryüzünün düz olduğuna inanılır ve çok uzaklara gidildiğinde, kenarından aşağı düşüleceği sanılırdı. Magellan'ın gemisiyle yaptığı Dünya turundan sağ salim dönmesinden ve herhangi bir kenardan aşağı düşmeden yola çıktığı yere tekrar ulaşmasından sonra onun düz olmadığı, aksine bir küre şeklinde olduğu anlaşıldı. Bu sefer, uzayın düz olduğu ve Dünya küresinin düz uzay yüzeyinde bir yerde durduğuna olan inanış devam etti. 1915'de Einstein'ın madde ve enerji tarafından eğilmiş ve bükülmüş uzay-zamanı ispat etmesiyle inanışlar tekrar değişti.

Bundan 400 yıl öncesine kadar Dünya'nın, evrenin merkezi olduğuna inanılıyordu. 1610 yılında Galileo, Dünya'nın merkez olmadığını ve Güneş'in etrafında dönen gezegenlerden biri olduğunu gösterdi. Sonra, Güneş'in bile bir merkez olmadığı, trilyonlarca yıldızın içinde hiçbir özelliği bulunmayan ve galaksinin eteklerinde yer alan bir yıldız olduğu anlaşıldı. Daha

sonra, Samanyolu'nun bile evrendeki 100 milyar galaksiden sadece biri olduğu belirlendi.

Son zamanlarda, karanlık maddenin varlığı anlaşıldı. Maddenin yanında antimadde de hesap edildi. Fakat bunlar etrafımızda değildi, peki nereye gizlenmişlerdi ?

Her yeni keşif başka bir sırrı beraberinde getiriyordu. Anlaşılan, evren sırrını insanoğluna pek vermek istemiyordu. Acaba, doğa bizimle bir bilmece oyunu mu oynuyordu ?

Uzay, zaman, enerji ve madde bir 'patlama' ile başladı. Bilim adamlarının artık bundan bir şüphesi bulunmamaktadır. **Kozmos'tan Kuantum'a** kadar yapılmış keşifler, bütün zamanların en büyük iki teorisi olan 'relativite' ve 'kuantum mekaniği' Büyük Patlama gerçeğini doğrulamaktadır. Bu iki teori, Büyük Patlama'nın **10^{-43}'cü saniye'sinden bugün'e** kadar olan bütün olayları başarı ile açıklayabilmektedir.

Büyük Patlama Teorisini destekleyen birçok kozmolojik gözlemden en önemli üçü şöyle özetlenebilir. İçlerinde milyarlarca yıldız, gezegen, gaz ve toz kümelerinin toplanmış olduğu galaksilerin tamamı birbirinden çok büyük hızlarla uzaklaşmaktadır. Yani evren genişlemeye devam etmektedir. Bu durum ancak milyarlarca yıl önce meydana gelmiş bir patlama ile açıklanabilir. İkincisi, evrenin her tarafından gelen bir arkaalan ışıması her yönden aynı yoğunlukta ve aynı sıcaklıkta alınmaktadır. Şu anda mutlak sıfırın 2.74 K üstünde olan bu ışıma, ancak 15 milyar yıl önce olmuş bir patlamanın sıcaklığının bugüne uzamış bir kırıntısı olarak izah edilebilir. Büyük Patlamanın çıkardığı sıcaklığın 15 milyar yıl sonraki kırıntısının sıcaklığı, ışımanın keşfinden önce 2.74 K olarak zaten hesap edilmişti. Üçüncüsü ise, Büyük Patlamadan hemen sonra oluşan hidrojen ve helyum elementlerinin hesap edilen oranı, bu elementlerin 15 milyar yıllık evrimi sonunda, bugünkü orana tam olarak uymaktadır.

Bir ‘başlangıcı’ olduğu artık bilinen evrenin bir ‘sonunun’ olacağı da muhakkaktır. Evrenin sonsuz süre devam edemeyeceğini matematiksel hesaplar ve şu anda kısıtlı da olsa bazı gözlemler göstermektedir.

Güneş boyutundaki bir yıldızın yaşam süresi 10^{10}, yani 10 milyar yıldır. Silik ve yakıtını çok yavaş tüketen yıldızınki ise bunun 10.000 katı, yani 10^{14} yıl kadardır. Bundan 10^{14}, yani yüz bin defa milyar yıl sonra evrendeki yıldızların hepsi sönmüş, galaksilerin içinde sadece soğuk ve karanlık madde kalmış olacaktır. Günümüzden 10^{18} yıl sonra Relativite Teorisine göre, galaksilerin enerjisi gravitasyonel dalgalar halinde kaçacak, galaksiler kendi içlerine çökecek ve geride kalan karanlık madde galaksilerin merkezlerindeki dev karadelikler tarafından yutulacaktır.

Evrendeki her maddenin bir ömrü bulunmaktadır. En uzun süre yaşayan parçacık olan proton, 10^{32} yıl sonra bozunacak ve pozitron, muon gibi hafif parçacıklara dönüşecektir. Karadeliklere girmekten kurtulan atomlar hafif parçacıklara parçalanacaktır. Sonra, sıra karadeliklerin buharlaşıp yok olmalarına gelecektir. Güneş’in 10 katı kütleye sahip bir karadeliğin buharlaşması 10^{68} yıl, dev boyuttaki bir karadeliğinki ise 10^{90} yıl alacaktır. Evrendeki hafif parçacıkları bile silip süpüren dev karadelikler bile en sonunda buharlaşıp yok olacaklardır.

Genişlemekte olan evrenin istikbali ile ilgili diğer bir alternatif ise gravitasyon kuvvetidir. Gravitasyon sonunda galip gelecek ve genişlemeyi durduracaktır. Duran evrende daha sonra içe çökme başlayacak, galaksiler birbirine yaklaşacak, sonra birbirlerinin içine girecektir. Meydana gelecek tek bir süper-hiper-galaksideki yıldızlar birbirlerine yaklaşacak, uzayın sıcaklığı yıldızların ısısından daha fazla olacak, galaksinin merkezindeki karadelik gittikçe büyüyecek, büyüdükçe daha

fazla madde yutacak, sonunda durmadan daralan uzay, sonsuz yoğunluk ve sıcaklıktaki bir uzay-zaman noktasına çökecektir. Dört temel kuvvetin birleşip tek bir ana kuvvet (TOE) haline geldiği bu tekillik noktası Büyük Patlamanın patlamadan önceki görünüşüdür. Bir evren maddesinin içine sıkıştığı sonsuz yoğun ve sıcak bu nokta artık 'bir sonraki' Büyük Patlama için hazırdır.

İçe çökme ile oluşacak tekillik noktası tekrar patlayacak, uzay, zaman, madde ve enerji ortaya çıkacak, evren yine genişleyecek, galaksiler, yıldızlar şekillenecek, gezegenler üzerinde canlı yaşamlar oluşacak, sonra gravitasyonla içe çökme başlayacak, tekrar bir sonraki tekillik noktasına ulaşılacaktır. Patlamalar ve içe çöküşler sonsuz süre devam edecektir. Her şey, içinde sonsuz sayıda evrenin bulunduğu bir hiper-uzayda olmaktadır. Evrendeki kayıp maddenin keşfi ve hesaplar bu senaryonun ihtimalini güçlendirmektedir.

Bundan birkaç yüz yıl öncesine kadar Dünya'nın düz olduğuna inanan insanoğlu, 34 yıl önce Ay'a ayak bastı. 1994'de fırlatılan uzay mekiğine, ertesi yıl fırlatılan MIR uzay istasyonunun yanaşması ve her iki araçta bulunan bilim adamlarının yapmakta oldukları araştırmalar, elde edilmiş en büyük başarılardan biri oldu. 1998'de fırlatılan ikinci bir uzay istasyonunun aynı mekikle birleşmesi başka bir büyük başarı oldu. Şu andaki hedef, 50 milyon kilometre uzaktaki Mars'a insan göndermektir.

Son otuz yıl içinde İnsanoğlu, evrendeki olayların keşfinin yanında, boyutların ölçümünde de büyük başarı kazandı. İste, bunlardan bazıları:

Evrenin çevresi 120 milyar veya $12x10^{10}$ ışık yılıdır.

Evrende gözlenebilen en uzak nokta 10^{11} ışık yılı veya milyon defa milyar defa milyar kilometredir.

Evrenin ağırlığı $2x10^{54}$ gramdır.

Evrendeki atomların sayısı $10^{80'}$dir.

Evrendeki fotonların sayısı $10^{88'}$dir.

Evrendeki elementlerin %99'u hidrojen ve helyum, geri kalanı ise 90'dan fazla diğer elementlerdir.

Evrendeki galaksilerin sayısı 100 milyardır.

Evrendeki yıldızların sayısı $20x10^{21}$ veya 20 milyar defa trilyondur.

Evrenin şimdiki yaşı 15 milyar veya $5x10^{17}$ saniyedir.

Dev bir karadeliğin ömrü 10^{90} yıldır.

Bir karadeliğin 1 $cm^{3'}$ünün ağırlığı 200 milyon tondur.

Protonun ömrü 10^{32} yıldır.

Bir insanın ortalama ömrü 75 yıl veya $24x10^{8}$ saniyedir.

Bir karadeliğin tekillik noktasının genişliği 10^{-32} milimetredir.

Bir sicim parçacığının boyu 10^{-32} milimetre veya bir proton genişliğinden 10^{20} kat daha kısadır.

Bir DNA molekülü içinde, aminoasitlerin sıraya dizilebilme kombinezyon deposu 20^{100} bilgiyi ihtiva etmektedir.

Bugün parçacık çarpıştırıcılarında elde edilen en büyük enerji 10^{2} GeV'dir.

GUT elde etmek için gerekli enerji miktarı 10^{15} GeV'dir.

Evren sırlarla doludur. İçindeki her şey, insan aklının kabul edemeyeceği büyüklükte bir dengede çalışmaktadır. Son derece karmaşık sistemler birbirini rahatsız etmeden işlemekte ve her şey sonunda ölmekte ve yeniden doğmaktadır. Bu kadar kompleks ve mükemmel bir sistemin kendiliğinden 'tesadüfen' ortaya çıktığı iddia edilemez. Bunu iddia edenler bilimsel gerçeklerden haberi olmayanlardır.

İnsanoğlunun henüz nedenini bilemediği, fakat bir kısmına bir gün cevap bulabileceğini ümit ettiğimiz sorulardan bazıları:

Evrenin yarıçapı, Planck uzunluğunun 10^{60} katıdır. Bir insan boyu, evrenin yarıçapı ile Planck uzunluğu arasındaki korkunç boyuttaki mesafenin ortalarına rastlar. Yani evren, bir tarafta boyumuzun trilyon defa milyar defa milyar katı büyükken, diğer tarafta boyumuzun trilyon defa milyar defa milyar katı küçüktür.

Bu bir tesadüf mü ?

Hidrojen atomundaki proton ile elektron arasındaki elektromanyetik kuvveti, iki aynı parçacık arasındaki gravitasyon kuvvetinden 10^{39} kat büyüktür. Gözlenen evrenin boyu ile bir elektronun genişliği arasındaki oran $10^{40'}$dır. Bu iki sayının çarpımı olan 10^{80} ise, gözlenen evrendeki atomların sayısıdır. Bir yıldızın yaşam süresi, içindeki bir fotonun onun merkezinden yüzeyine ulaşması için geçen süre ile orantılıdır. Yıldızın ömrü sahip bulunduğu kütlesine bağlı olup, yıldızın kütlesinden kaynaklanan gravitasyon kuvveti ile bir fotonun bir atomu geçip gitmesi arasındaki oran, yıldızın büyüklüğü ne olursa olsun, $10^{40'}$dır. Bu korkutucu tesadüfler nereden gelmektedir ?

Büyük Patlama esnasındaki gravitasyon kuvveti milyarda bir oranında daha büyük olmuş olsaydı, evren çoktan kendi içine çökmüş olacaktı. Gravitasyon olduğundan birazcık daha zayıf olsaydı, galaksiler ve yıldızlar asla şekillenemeyecek orta boyuttaki yıldızların içlerindeki nükleer reaksiyonlar başlayamayacak, böyle yıldızlar sönük birer gök cismi olarak kalacak, sadece çok büyük kütleli ve kısa ömürlü yıldızlar parlayacak ve her iki durumda da ne Dünya nede üzerindeki canlı yaşam ortaya çıkamayacaktı.

Güçlü ve zayıf nükleer kuvvetler biraz daha büyük olsalardı, hidrojen atomu çok farklı biçimde şekillenecekti. Bu durumda, karbon, oksijen gibi ağır elementler asla oluşamayacak ve bunların temel maddesi olan canlı yaşam ortaya çıkamayacaktı.

zayıf nükleer kuvvet olduğundan biraz farklı olsaydı, süpernova patlamaları meydana gelemeyecek ve ağır kimyasal elementler oluşamayacaktı.

Bütün bu dengelere sahip, bir Büyük Patlama ile ortaya çıkan evren üstün zeka düzeyine sahip bir İnsanoğlu neslinin yaşaması için mi yaratıldı ? Eğer bu doğru ise, neden evren insanoğlu için bu kadar anlayışlı davrandı ? Bu durum, ya akıl almaz bir tesadüfün sonucudur, yada her şeyin altında derin bir 'neden' bulunmaktadır. Eğer bir neden bulunuyorsa, bu takdirde, evrende çok özel bir yerimiz var demektir.

Neden bir evren mevcut, her şey bir evren olmadan olamaz mıydı ?

Evren neden bir patlama ile başladı, yaratılmasının başka bir yolu olamaz mıydı ? Her şey bir hiçten nasıl yaratıldı ?

Evrenden önce mevcut bulunan vakum neydi, nereden gelmişti, malzemesi nelerdi ?

Büyük Patlamadan önce ne vardı, bir evren maddesi sonsuz küçük bir noktaya nasıl sıkışmıştı, kim sıkıştırmıştı, ne zamandan beri oradaydı, bir evreni oluşturan madde oraya nereden toplanmıştı, kim patlattı ve niçin ?

Sonsuz küçük bir nokta, sonsuz yoğunlukta ve sonsuz sıcaklıkta nasıl olabilir ?

Büyük Patlamadan hemen sonra gravitasyon tersine döndü, çekici yerine itici oldu, enflasyon ve ikinci bir patlama meydana geldi. Evren ısısal eşdeğere ulaştı ve arkaalan radyasyonu üniform bir duruma geldi. Enflasyon ve ikinci patlamanın sebebi neydi, ikinci patlamayı başka bir tekillik mi yaptı ?

Büyük Patlamadan iki milyar yıl sonra genişleme durdu, çökme başladı ve yoğunluk farkından dolayı galaksi maddesi şekillendi. Galaksilerin şekillenmesinin başka bir yolu olamaz mıydı ?

Büyük patlamanın 10^{-43}'cü saniyesinden önceki olayları bir gün tarif etmemiz mümkün olacak mı ?

Olay ufkunun ötesinde nelerin bulunduğu insanoğlunun hep merakını çekmiştir. 16'cı asırda astronomik gözlemlerin başlamasıyla Güneş sisteminin ötesinin de bulunduğu anlaşılmıştı. Daha sonra evrenin sınırındaki kuasarlar ve galaksiler gözlendi. Evrenin en dış sınırlarının ötesinde neler bulunmakta ?

Kuasarlar neden bu kadar uzaklarda bulunmakta, içlerindeki o müthiş enerjiler nereden gelmekte ?

Genişleyen evren neyin içinde genişlemektedir ? Bir vakumun içinde genişliyorsa onun boyutu nedir ?

Evrenin sonsuza kadar genişleyeceğini veya bir gün durup içine çökeceğini gösterecek Hubble oranının tam değerini neden bilemiyoruz, karanlık maddenin miktarını neden bulamıyoruz ? Karanlık maddenin malzemesi ne olabilir ?

Evrenin en sır dolu cismi olan bir karadeliğe düşenler neden tekrar dışarı çıkamıyor, içine giren maddeler genişliği 10^{-33} santimetre olan tekillik noktasından nasıl geçebiliyor ? Bir karadeliğin yaşı 10^{68} yıl, 1 cm^3'ü 200 milyon ton nasıl olabilir ? Karadeligin arkasında neler oluyor ?

Büyük Patlamanın 10^{-43}'cü saniyesinde ve karadeliğin tekillik noktasında yasalarımız, hesaplarımız geçerliliğini kaybediyor. Bu iki nokta arasında sıkışıp kalmış durumdayız. Bu iki noktanın ötesindeki olaylar insanoğlu için yasak mı, bizler bu iki nokta arasındaki olaylara incelemek için mi yaratıldık ? Öyle ise bunun bir nedeni olmalıdır.

Karadeliğin arkasındaki akdelik nasıl bir şey, ucu nereye uzanıyor ? Karadelikten girip, kurt deliğinden geçen maddeler zamanda nasıl geriye doğru yol alabiliyor ?

Birbirinin içine geçmiş evrenlerin meydana getirdiği hiperuzay nasıl bir şey ve büyüklüğü ne olabilir ?

Evrendeki yıldızların ne kadarı gezegenlere sahiptir ?

Evrende bulunan 10^{80} adet atoma karşılık tek bir süpernova patlaması 10^{60} nötrinoyu nasıl çıkarabilir ?

Bir pulsarın iki sinyali arasındaki hata oranı 100 yıllık süre içinde saniyenin 0.00006 milyonda biri nasıl olabilir ve pulsar saniyede 600 sinyali nasıl çıkarabilir ?

Evrendeki her şey neden doğar, büyür ve sonunda niçin ölür ?

Evrendeki her cisim hem kendi, hem kendinden büyük başka bir cismin etrafında döner. Neden hiçbir şey yerinde sabit durmaz ?

Bütün gezegenlerin Güneş etrafında aynı yönde dönmelerine karşılık neden Venüs kendi ekseni etrafında ters yönde döner ?

Sistemin toplam kütlesinin %99.90'ı Güneş'te bulunmasına rağmen neden toplam açısal momentumun sadece %2'si onda toplanmıştır?

Atom, merkezde bir çekirdek ve onun etrafında farklı yörüngelerde dönen elektronlardan meydana gelmiştir. Çekirdek ile elektronlar arasında muazzam bir boşluk bulunmaktadır. Çekirdeği şekillendiren proton ve nötron ile etrafta dönen elektronların dışında, bir atomun içinde binlerce başka parçacık mevcut olup, bunlar devamlı bir hareket halindedir. Bütün bu parçacıklar birbiri ile etkileşir, şekil değiştirir ve yeniden yaratılır. Evrende 92 tür atom bulunur. Bunlarda sadece, proton, nötron ve elektronların sayıları farklıdır. Diğer özellikleri ise birbirinin aynıdır.

Atom daha farklı şekilde yaratılamaz mıydı? Çekirdek ile elektronlar arasındaki büyük boşluğa neden gerek görüldü, bir atomun içindeki olaylar ile evrendeki olaylar arasındaki büyük benzerlik nasıl açıklanabilir ?

Proton ile nötronu birbirine yapıştıran, elektronları hem çekirdek hem de kendi etraflarında döndüren ilk güç onlara bu hareketleri nasıl verdi ?

Aynı yörüngede aynı pozisyona gelen iki elektronun hızları birden neden farklılaşır ? Elektronlar yörüngeler arasında gidip geldikçe birer foton salmaları gerektiğini nereden bilirler ?

Bir protonun ömrü 10^{32} yıl iken, Z parçacığının yaşam süresi 10^{-25} saniye nasıl olabilir ? Proton bu kadar uzun süre yaşarken, nötron neden 1000 saniye sonra ölür ?

Proton ile nötron birbirinden ayrılınca veya iki ayrı proton ve nötron birbirine yapışınca korkunç miktarda bir enerji ortaya çıkmaktadır. Bu enerji çekirdeğin içine nasıl depolanmış olabilir?

Atomların oluşturduğu maddenin yanında bir de antimadde bulunmaktadır. Antimaddeye neden gerek duyuldu ? Neden her parçacığın bir karşıtı mevcut ?

Gün geçtikçe evrende daha uzaklara bakmamızın yanında maddenin de gittikçe daha dibini görebilmekteyiz. Bundan 300 yıl önce bir santimetrenin binde biri büyüklükteki cisimleri, hücreyi, bir bakteriyi görürken şimdi bir santimetrenin milyarda biri genişlikteki bir atomu gözleyebilmekteyiz. Ayrıca, 10^{-18} metre boyundaki bir kuark'ın varlığını anlayabilmekteyiz.

Parçacıklar içinde en önemlilerinden olan elektron neden o kadar ufak yaratıldı, bu son derece küçük parçacığın içinde neler yer almış olabilir ? Bir atomun içinde bulunduğu bilinen binlerce parçacığın en küçüğü olan kuark'ın içinde neler var ? Doğadaki her şeyi birbirine bağladığı anlaşılan ve uzunluğu bir protondan 10^{20} defa daha kısa olan bir sicim'den daha küçük parçacık olabilir mi?

Atom içindeki parçacıklar hem dalga hem de parçacık olarak davranırlar. Neden sadece bu iki karakterden biri olarak davranmazlar ?

Bir parçacığın aynı andaki hem hızı hem pozisyonu neden bilinemez, neden bir parçacığın ne zaman ne yapacağı ve nereye gideceği belli değildir ?

En büyüğün olduğu gibi en küçük uzaklığın da bir limiti bulunmaktadır. Bir santimetrenin milyar defa milyar defa milyar defa milyonda biri olan Planck uzunluğu en küçüğün limitidir. Bu limitin altındaki parçacığı elde etmek için gerekli çarpıştırıcı, günümüzün en güçlü makinasından milyar defa milyar kat fazla enerjiye sahip bulunmalıdır. Böyle bir güçteki çarpıştırıcıda elde edilecek Planck uzunluğunun altındaki bir parçacık derhal bir karadelik olur ve içine çöker. İnsanoğlu için böyle bir güç elde etmek bir gün mümkün olacak mı ?

Parçacıkların üzerlerinde taşıdıkları elektrik yükleri nedir, nasıl meydana gelir, neden aynı yükler birbirini iter, ters yükler birbirini çeker ?

Proton pozitif yüke sahip iken neden nötronun herhangi bir yükü bulunmaz, protondan 1836 kat daha az kütleye sahip olan bir elektron nasıl onunla aynı miktarda bir elektrik yükünü üzerinde taşıyabilir ?

Parçacıkların bazıları yüklü bazıları yüksüz, bazıları pozitif bazıları negatif yüklü, bunların seçimini kim, nasıl yaptı ?

Büyük Patlama ile ortaya çıkan ve evrendeki her şeyin temelini teşkil eden enerji oraya nereden gelmişti ?

Enerjinin temelindeki şey nedir, o neden yok olmaz ve sadece şekil değiştirir ?

Enerji ve madde sadece şekil değiştirdiğine ve asla yok olmadığına göre, canlılar ölünce onların sahip oldukları enerjiler nereye gidiyor olabilir ?

Neden bütün parçacıkların birbirinden farklı kütlelere sahiptir?

Zaman gerçekten Büyük Patlama ile mi başladı, daha önce zaman yok muydu, vardı da biz mi anlayamıyoruz ?

Zaman daima fiziksel bir olayla mı başlar, başka bir zaman türü var mı? Yasalarımız zamanın Büyük Patlama ile başladığını söyler. Bizim yasalarımızın dışında, bilmediğimiz yasaların izah ettiği zamanlar da var mı?

Evren ölünce zaman da sona erecek mi ? Büyük Patlamadan öncesini tarif edebilseydik oradaki zaman bizimkiyle aynı mı olacaktı, Büyük Patlamadan önceki zamanda neler görüyor olacaktık ?

Hiper uzay mevcut ise, hiper zaman da olabilir mi, bir hiper zaman mevcutsa evrenimiz bunun hangi noktasında yaratıldı ?

Doğadaki yasaları idare eden, birbirinden farklı güçlerde ve karakterlerde dört tane temel kuvvetin mevcudiyeti bilinmektedir. Henüz tanımlayamadığımız beşinci bir kuvvet var mı? Üç temel kuvveti taşıyan parçacıklar elde edilmişken, gravitasyonu taşıyan gravitonlar ne zaman keşfedilecek? Dört kuvvetin birleşimi olan TOE bir gün elde edilebilecek mı?

Süpersicim Teorisi evrende 11 boyut bulunduğunu öngörmektedir. Şu anda 4 boyutlu bir evrenin içinde yaşamaktayız. Geri kalan boyutlar nereye gizlenmiştir ?

Işık daima aynı hızda yol alıyor, ışık hızına yakın hızda giden bir cisimden atılan ışık yine aynı hızda ilerliyor. Bu özellik evrendeki hiçbir cisimde bulunmazken, neden ışığa böyle bir şey tanındı ?

Ne artan, nede eksilen bir hızda ve daima aynı sabit bir hızda giden ışık hızının %99.99'u ile ilerleyen parçacıklar neden onun %100'üne ulaşamıyor ? Sadece ışığa tanınan hız neden evrenin en büyük hızıdır ?

Işık hızına ulaşılınca zaman duruyor, cismin boyu sıfır, kütlesi ve enerjisi sonsuz oluyor. Cismin kütlesi büyüdükçe onun üzerindeki zaman yavaşlıyor. Bunlar nasıl olabiliyor ?

Doğada neden 6 tane kuark'a karşılık 6 lepton bulunmaktadır? Takyon parçacığının minimum hızı ışık hızı, maksimum hızı ise sonsuzdur. Bu ne demektir?

Geçmişte ne kadar uzağa bakarsak bakalım en fazla 15 milyar ışık yılı uzaklığı görebiliyoruz. Çünkü ışık oradan 15 milyar yıl önce yola çıktı ve gözümüze daha yeni ulaştı. Bir ışığı bulunmadığı için 15 milyar ışık yılı uzaklıktan daha uzaktaki cisimleri hiçbir zaman göremeyecek miyiz ?

Işık hızından daha büyük bir hızla gidebilseydik, geçmişi mi yoksa geleceği mi görüyor olacaktık ?

Mutlak sıfır neden -273.16 derecedir, neden buna ulaşılamaz?

İnsan soyu evrim süreci içinde kendisinden mi yoksa evrensel bir felaketle mi bitecek, bir felaketle sona erecekse, felaketlerden hangisi onu bitirecek ?

İnsanoğlu evrensel bir felaketin gelip onu yok etmesinden önce başka bir yıldızın etrafındaki gezegene gidebilecek mi ve orada bir yaşam ortamı kurabilecek mi?

Evren sadece insanoğlu için mi yaratıldı, yoksa en az kendi uygarlık seviyesinde başkaları da bulunuyor mu, diğer uygarlıklar varsa onların şekil, biçim ve zeka düzeyleri nedir ?

Dünya üzerindeki canlı yaşamın oluşması için neden Büyük Patlamadan 15 milyar, Dünya'nın oluşumundan 4.5 milyar yıl geçmesi beklendi ? Dünya isimli gezegenin evrende çok özel bir yeri mi bulunuyor ?

Evrende daha zeki yaratıklar bulunuyorsa onlar evreni nasıl görüyorlar, onların biyolojik yapısı nasıl, onlar da bizler gibi aynı ve benzer beyin yapısına sahipler mi ? Evrenin tek zeki yaratıkları isek, neden tekiz ?

Diğer zeki yaratıklar varsa, onların sahip olduğu yasalar ve kullandıkları matematik bizimkiyle aynı mı, onlar evreni, atomu nasıl görüyorlar ?

Diğer uygarlıklar yerimizi biliyorlar mı, bir gün bize ulaşabilecekler mi, 1973 ve 1977 yıllarında fırlatılan ve uzay boşluğunda yol almakta olan Pioneer ve Voyager araçları bir gün birisine rastlayacak mı ?

Doğayı anlama merakından çıkan bilim olmasaydı, evreni nasıl görüyor olurduk, yaşantımız hangi düzeyde olmuş olurdu ? Atomu ilk ifade eden insan acaba onun nasıl bir şey olduğunu düşünüyordu ?

Einstein yasaları evren boyutunda geçerli olduğuna göre, ileride bu yasaların da ötesinde daha gelişmiş yasalar çıkacak mı, çıkmayacaksa bilimin son sınırına mı gelindi, Einstein denklemleri bilimde bir sonu mu ifade ediyor ?

Mikro ve makro dünyaların 20'ci yüzyılda gerçekleştirilen keşifleri daha önceki asırlarda yaşayan insanlar tarafından hayal edilmişti. 20'ci yüzyılın sonlarında yaşayan bizler önümüzdeki asırlarda yapılacak yeni keşiflerin hayalini kurabilir miyiz ?

Yeryüzündeki ilk ilkel hücre diğer bir yıldızdan mı geldi yoksa kendiliğinden mi ortaya çıktı, ilk hücre bir kopyasını üretmesi gerektiğini nasıl anladı, ona bu talimatı kim, neden verdi ? İlk hücrenin üremesi, gelişmesi ve karaya tırmanması için 3.5 milyar yılın geçmesi gereklimiydi ?

Bundan 4 milyar yıl önce 20 tane aminoastin, bir canlı teşkil etmek için, ihtimali $20^{100'}$de bir olan o sıraya dizilişini kim, neden, nasıl organize etti ?

Canlı yaşamını meydana getiren aminoasitlerin sayısının 20 olması ve ilk hücrenin sadece bu 20 aminoasitin özel bir sırada dizilişinden şekillenmesi bilinmeyen bir doğa yasasının mı yoksa korkunç bir tesadüfün mü sonucu ?

Yeryüzünde sıfırdan yeni bir canlı yaşamı başlamış olsaydı, canlı türleri ve her birinin şekli nasıl olurdu ?

Doğada mutasyonları kontrol eden rastlantı nedir, bu rastlantıları kim kontrol ediyor ?

Bir DNA molekülünün sarmal şeritleri arasındaki nükleoditlere sonsuz sayıdaki bilgi nasıl depolandı, onları oraya kim koydu ve neden ?

Her biri saniyede 100 defa açılıp kapanan, her seferinde birçok bilgi çıkaran DNA sarmalını ihtiva eden 46 tane kromozom, bir milimetrenin binde biri genişliğindeki bir çekirdeğe nasıl sığabilir, bu kadar dar bir yere sığan birbirine değmeyen sarmallar açıldığında boyu iki metreye nasıl uzar ?

Her birinin boyu farklı uzunlukta olan dört bazın, üniform bir şekil teşkil etmek için ikişerli birleşmesiyle binlerce nükleodit meydana getirmesini ne kontrol eder ?

Genlerin uzunluğu üreteceği proteinin cinsine göre değişir. Genlerin arasına bazen DNA girer, bazen de gen DNA'nın üzerine kapanır. Bunlar neden ve nasıl olabiliyor ?

Genleri kontrol eden şey nedir, genler insan davranışından etkilenir mi, evet ise hangi genler hangi davranışından etkilenir ? İnsan davranışlarının tamamı genlere mi bağlıdır ?

Genome projesi kapsamında genlerin haritası çıkarıldıktan sonra insanın kopyasını yapmak bir gün mümkün olacak mı ?

Yüzlerce aminoasit türü bulunuyorken neden 20 tanesi her işi yapar, 20 tane aminoasit 20^{100} adet bağlanabilme şeklini nasıl gerçekleştirebilir, cansız olan aminoasitler bir protein teşkil edince nasıl birden canlanabilir ?

Enzim kabalistlik karakterini nereden alır, bir saniyede 100.000 reaksiyonu işleme koyabilen bir enzim molekülü hala nasıl aynı kalabilir, nasıl olurda kendinden hiç bir şey kaybetmez?

Proteinler vücut içindeki fonksiyonları nasıl kontrol edebilir, onlara bu özelliği kim neden verdi ? Proteinlere özel şekillerini veren şey nedir ?

RNA molekülü, DNA'dan bilgi kopyalama yaparken 100.000'de birden fazla hatayı neden yapmaz ?

Virüs, hücre dışında bir cansız iken, hücre içine girince nasıl birden canlanabilir ?

Bitki hücrelerinde bulunan klorofil organeli neden hayvan hücrelerine konmadı, konsaydı hayvanların bitki yeme zorunluluğu ortadan kalkmayacak mıydı, klorofil neden yeşilden farklı başka bir rengi yansıtmaz?

Bir hücre ne zaman bölünmesi gerektiğini nasıl bilebilir, neden her farklı tür hücrenin farklı uzunlukta bir ömrü bulunmaktadır ? Hücreler neden bir gün ölür ?

Hücrenin içinde neden son derece karmaşık bir mekanizma bulunmaktadır, yapısı ve içindeki prosesler daha basit ve sade olamaz mıydı? Hücrelerin karmaşık yapıda olması uzun evrim süresi içinde mi gerçekleşti, yoksa bir hücrenin en verimli olması için böyle bir yapıda mı olması gerekiyordu ?

İnsanoğlunu diğer canlı türleri arasında farklı kılan en önemli etken olan bilinç ve zeka nedir, bunlar beyinde nasıl üretilir ? Beyinle bilinç arasındaki ilişki nedir ? Bilincin ne olduğu bir gün anlaşılabilecek mi ?

Acaba evren, biz bilinç ve zeka sahibi olduğumuz ve onu gözlemlediğimiz için mi var, bir bilinç ve zeka sahibi olmasaydık ve onu düşünmeseydik, evren olmayacak mıydı, gözlemleyemediğimiz yerde evren sona mı eriyor ?

Canlılar neden yaşlanırlar ? Sonsuza kadar yaşamak bir gün mümkün olacak mı ?

Hayvan türü içinde neden sadece insan türü dik durabilmeyi öğrendi ?

Beyin ve sinir sisteminin bu kadar karmaşık olması gerekli miydi ? Bütün vücut hücreleri bölünüp çoğalırken, nöronlar neden bölünerek çoğalmazlar ?

İnsan beyni gibi düşünebilecek, bilinç ve zeka fonksiyonları gösterebilecek bir bilgisayar bir gün imal edilebilecek mi ?

Evren gaz, toz, taş ve toprak gibi cansız elementlerden yaratılmışken, Dünya gezegeninde neden bir canlı yaşam biçimi öngörüldü, neden birbirinden farklı milyonlarca canlı türü yaratıldı?

Karadeliklerin evrenimizden yuttukları maddeyi başka bir yere, belki diğer bir evrene gönderdiklerini artık biliyoruz. Bir karadeliğin uzağında bulunsak da, öldükten sonra ruhumuz en yakındaki bir karadelik-akdelik ikilisinden ışık hızı ile geçip, başka bir evrende tekrar bir yaşam için gönderiliyor olabilir mi ? Maddenin ve enerjinin sakınımı yasalarına göre bu durum gerçek olamaz mı ?

Her şey, daha sade ve basit olabilecekken, neden evren bu kadar karışık ve kompleks, neden bir atomun içinde binlerce, milyonlarca parçacık durmadan hareket etmekte, her şeyin ne yapacağı önceden bilinirken neden bir parçacığın ne zaman ne yapacağı bilinemez, neden canlı yaşamı bir hücre çekirdeğindeki DNA'dan çıkan talimatla dizilen aminoasitlerin sıralanma şekline dayanıyor, beyin ve sinir sistemi neden o kadar karmaşık, neden evrenden atoma, ondan hücreye kadar hiçbir şey yerinde durmuyor ve daima hareket ediyor, neden her şey doğuyor, büyüyor ve sonunda bir gün ölüyor ?

Evrenden atoma, ondan hücreye kadar olan sistem içindeki sonsuz hassas bir dengeye sahip, bu kitapta sadece birkaçından bahsedilen, trilyonlarca mekanizma, tesadüfen kendiliğinden yaratılmış olamaz. Onu yaratan bir 'şey' olmalıdır. O şey evreni 'niçin' yarattı, onu işleten yasaları 'neden' koydu ?

Keşke, gelecek zamanlardan biri geri dönüp, bütün bunların cevabını bize söylese .....

Her şey niçin ?

Kaynaklar

The Universe Explained, Colin A. Ronan, 1994
The Origin of The Universe, John D. Barrow, 1993
The Last Three Minutes, Paul Davies, 1994
The Natural History of The Universe, Colin A. Ronan, 1991
Cosmology, Bryan Milner, 1994
Space, Sue Becklake, 1993
Hubble, Daniel Fischer, Hilmar Duerbeck, 1996
A Brief History of Time, Stephen W. Hawking, 1988

Black Holes and Time Warps, Kip S. Thorne, 1994
The Whole Shebang, Timothy Ferris, 1997
At Home In The Universe, Stuart Kauffman, 1995
Orbit, Jay Apt, Michael Helfert, 1996
The Planet Mars, William Sheehan, 1996
Comet of The Century, Fred Schaaf, 1997
The Search for Infinity, Gordon Fraser, 1994
Science Explained, Colin A. Ronan, 1993
The World Treasury of Physics, Timothy Ferris, 1989
The Incredible Machine, National Geographic Society, 1993
Our Molecular Nature, David S. Goodsell, 1996
Microcosmos, Claude Nuridsany, 1996
Black Holes, J. Taylor, 1973
The First Three Minutes, S. Weinberg, 1976
The Elegant Universe, Brian Greene, 1997
Journey to The Centers of The Mind, Susan Greenfield, 1995
The Origin of Humankind, Richard Leakey, 1994
Darwin's Dangerous Idea, Daniel C. Dennett, 1995
The Time Before History, Colin Tudge, 1996
Kozmos'tan Kuantum'a$_1$, Yalçın İnan, 1994
The Edge of The Unkown, James Trefil, 1996
The Presence of thr Past, R. Sheldrake, 1988
Physical Science, W. Ramsey, 1982
Six Not-soEasy Pieces, R. Feynman, 1997
Introducing Quantum Theory, J.P. McEvoy, 1997
Companion to the Cosmos, J. Gribbin, 1996
Probability, Amir Aczel, 1997
The Life of the Cosmos, Lee Smolin, 1997
Life, R. Fortey, 1997
Other Worlds, James Trefil, 1997
Increadible Voyage, National Geographic, 1996
Mysteries of the Mind, Richard Restak, 1996

Genome, M. Ridley, 1997
The Variety of Life, Colin Tudge, 1997
Brain Power, S. Greenfield, 1996
The Monk in the Garden, R. Marantz Heig, 1995
The Universe, F. Pirani, 1993
$E=MC^2$, David Bodanis, 1996
Are We Alone in the Cosmos, Ben Bova, 1994
The Hole in the Universe, K.C. Cole, 1997
The Fifth Miracle, Paul Davies, 1996

(ARKA KAPAK)

KOZMOS'TAN KUANTUM'A$_2$

Kuantum Teorisi'nin başlamasına neden olan, fakat sonra onun karşısına geçen Einstein 1926'da: 'Tanrı evrenle zar atmaz', ona karşılık veren Bohr: 'Albert, Tanrıya ne yapması gerektiğini söyleme' dedi. Evet, Bohr haklıydı ve Tanrı atomun içindeki parçacıklara, ışığa, o akıl almaz özellikleri vermişti ....

Penzias ve Wilson, 1964'de boynuz şeklindeki antenleriyle galaksinin derinliklerinden gelen radyo dalgalarını ölçüyorlardı.

Antenlerinde devamlı cızırdayan alışılmadık bir parazitle karşılaştılar. Evrenin her yönünden aynı şiddette gelen bu inatçı parazitin anten tellerine konan güvercinlerden kaynaklandığını sandılar. Sonra bunun, bundan 15 milyar yıl önce meydana gelmiş Big Bang'ın günümüze kadar uzanmış bir kırıntısı olduğu anlaşıldı. Kırıntı, evrenin bir patlama ile başladığının bir ispatı olmuştu ....

Görevi manastırının arkasındaki bostanda fasulye yetiştirmek olan Mendel, biri uzun diğeri kısa boylu iki tür fasulyeyi dölledi. Çıkan yeni fasulyelerin tamamı uzun boylu idi. Uzun boylu bu melez fasulyeleri de birbiri ile dölleyince sonuç, yeni fasulyelerin dörtte üçü uzun, dörtte biri kısa boylu oldu. 1856'da Mendel'in henüz DNA'dan haberi yoktu ve bu durumu izah edememişti ....

İnsan soyu 4 milyon yıl önce dik durmayı öğrendi. Bu, insanlık tarihindeki en önemli gelişmeydi. Eller serbest kalınca, iş yapmaya başladı, avlandı, ateşi çıkardı, aleti yaptı ....
Bundan 2600 yıl önce evreni, maddeyi ve canlı yaşamı düşünmeye başladı. Galileo'lar, Newton'lar, Einstein'lar çıktı ....
Sonuçta, Büyük Patlamanın birinci saniyesinin trilyonlarca birinden bugüne, bugünden bir karadeliğin tekillik noktasına, bir metrenin trilyonlarca birinden bir kilometrenin trilyonlarca katına kadar olan aralıklardaki bütün doğa olaylarını çözdü ....

İnsanoğlu şimdi, genome projesi ile kendini tanıma, uzay projeleri ile Mars'ta koloniler kurma çabası içinde...

YALÇIN İNAN